جامعة البعث

كلية العلوم

قسم الجيولوجيا

مقرر

الاستشعار عن بعد

Remote Sensing

القسم النظري

لطلاب السنة الرابعة

د. أحمد العمر

1

أسس ومبادئ الاستشعار عن بعد

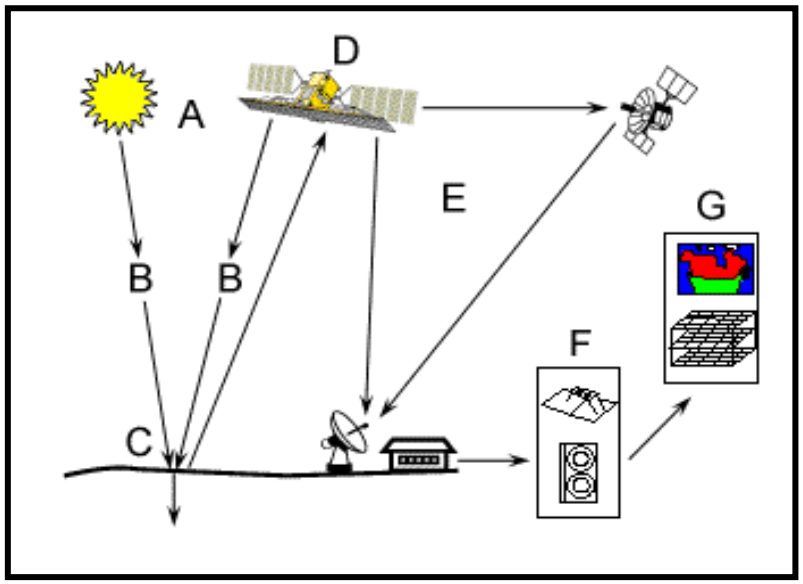
Basics of Remote Sensing

1-تعريف علم الاستشعار عن بعد:

الاستشعار عن بعد هو علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة ويتم هذا الأمر عن طريق استشعار وتسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة ومن ثم معالجتها وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة.

2-المراحل الرئيسة للعملية الاستشعارية:

وبشكل عام يمكن القول أن الاستشعار عن بعد يعتمد بشكل أساسي على التفاعل الحاصل بين الأشعة الساقطة (أشعة الشمس، أو أية أشعة أخرى) والأهداف المدروسة، وبالتالي يمكن تبسيط العملية الاستشعارية باستخدام، الشكل (1-1):



الشكل (1-1) مراحل العملية الاستشعارية

حيث تنقسم العملية الاستشعارية إلى سبعة مراحل أساسية هي:

أولاً– مصدر الطاقة أو الإضاءة: إن أول ما تتطلبه العملية الاستشعارية وجود مصدر إضاءة أو مصدر طاقة وتعتبر الشمس مصدر الطاقة في معظم أنواع الاستشعار عن بعد وقد تستخدم مصادر أخرى (سنأتي على ذكرها لاحقاً) والهدف من مصدر الطاقة هو إمداد الهدف المدروس بالطاقة الكهرومغناطيسية (A).

ثانياً – الأشعة والغلاف الجوي: ينما تنتقل الأشعة من مصدر الطاقة إلى الهدف المدروس فإنها تحتك مباشرة بالغلاف الجوي وتدخل معه في تفاعل يؤدي إلى تغير طبيعة الأشعة، وكذلك الأمر عند انعكاسها عن الهدف ومرورها بالغلاف الجوي مرة ثانية ويمكن أن يؤدي التفاعل الحاصل بين الأشعة المنعكسة والغلاف الجوي إلى تشوهها (B) .

ثالثاً– التفاعل مع الهدف: عندما تصل الأشعة إلى الهدف المدروس مروراً بالغلاف الجوي فإنها تدخل في تفاعل معه بالاعتماد على خصائص الهدف وطبيعة الأشعة (C).

رابعاً– تسجيل الأشعة المنعكسة من قبل الحساسات: بعد أن يتم انعكاس الأشعة الهدف المدروس أو إصدارها من قبله، تحتاج العملية الاستشعارية إلى حساس لجمع وتسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية (D).

خامساً– الإرسال والاستقبال والمعالجة: يتم إرسال الأشعة المسجلة واستقبالها في محطة استقبال أرضية ومعالجتها وتخزينها بشكل رقمي أو طباعي (E).

سادساً– التحليل والتفسير: يتم تحليل وتفسير الصور المستقبلة بصرياً (يدوياً) و/أو آلياً للحصول على المعلومات المتعلقة بالهدف المدروس وإظهار خصائصه (F).

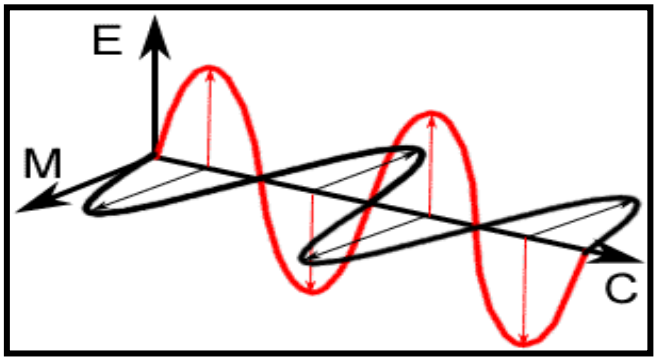
سابعاً– التطبيقات: إن آخر عملية من عمليات الاستشعار عن بعد هو تطبيق المعلومات المستقاة من العملية الاستشعارية في حل مشاكل معينة تفيد في أحد الفروع العلمية (G).

هذه المراحل السبعة تلخص العملية الاستشعارية من بدايتها إلى نهايتها وسوف يتم شرحها لاحقاً وبالتفصيل.

3–الأشعة الكهرومغناطيسية:

كما ذكرنا سابقاً فإن العملية الاستشعارية تتطلب وجود مصدر طاقة ما لم يكن الهدف بحد ذاته مشعاً (قادراً على إصدار الأشعة). هذه الطاقة يجب أن تكون على شكل أشعة كهرومغناطيسية.

كل الأشعة الكهرومغناطيسية تمتاز بصفات أساسية وتتصرف بطريقة تخضع لأسس النظرية الموجية كما في الشكل (1-2):



الشكل (1-2) النظرية الموجية

والأشعة الكهرومغناطيسية تتألف من الحقل الكهربائي (E) الذي يختلف بمطاله من نوع أشعة لآخر ويعامد اتجاه انتقال الأشعة، والحقل المغناطيسي (M) الذي يصنع زاوية قائمة مع الحقل الكهربائي وكلا الحقلين ينتقلان بسرعة الضوء (C).

للأشعة الكهرومغناطيسية خصائصها الفريدة والمتعددة ولكن ما يهمنا منها لفهم وتمثل الاستشعار عن بعد خاصتان اثنتان (طول الموجة والتردد).

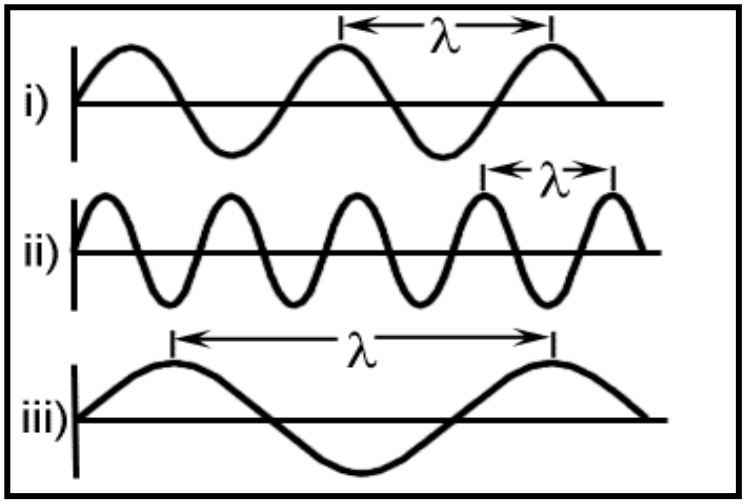
طول الموجة:

هو المسافة الفاصلة بين قمتي موجتين متتاليتين ويعبر عنه بإشارة لامدا λ ويقاس بالمتر(م) أو بأحد أجزائه:

- النانومتر (nm) ويساوي 10^{-9} m.
- الميكرومتر (µm) ويساوي 10^{-6} m.
- السنتيمتر (cm) ويساوي 10^{-2} m.

التردد:

هو عدد الموجات الدورية خلال وحدة الزمن، ويعبر عنها بدورة في الثانية وتقاس عادة بالهرتز (Hertz) أو أحد مشتقاته، الشكل (1-3).



الشكل (1-3) الطول الموجي والتردد

يرتبط الطول الموجي بالتردد بالعلاقة الرياضية التالية:

$$C = \lambda . \upsilon$$

حيث C هي سرعة الضوء 3×10^8 متر في الثانية ويعادل 300000 كم/ثانية.

وλ الطول الموجي بالمتر.

وν التردد (دورة بالثانية).

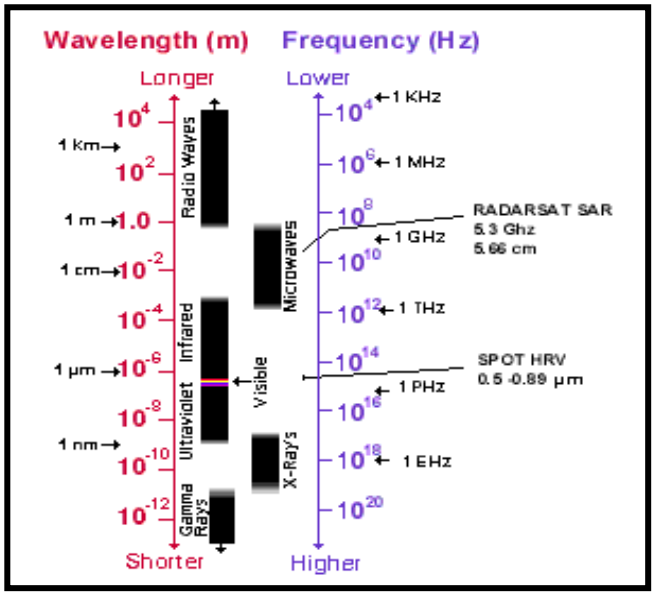
وبالتالي ترتبط الصفتان بعلاقة عكسية فكلما زاد طول الموجة انخفض التردد والعكس بالعكس.

4-الطيف الكهرومغناطيسي:

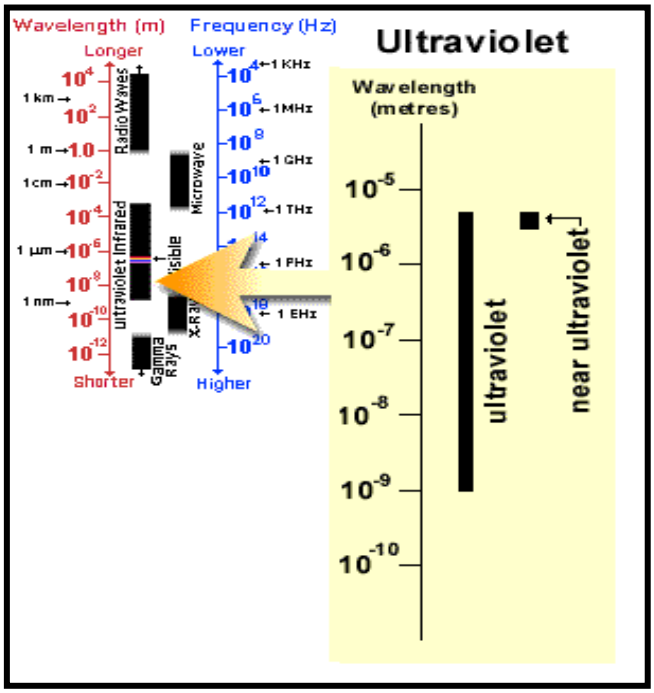
يترواح الطيف الكهرومغناطيسي من الأمواج القصيرة جداً (كأشعة غاما والأشعة السينية) إلى الأشعة فائقة الطول (مثل الأمواج الميكروية والراديوية). وهناك عدة مجالات من الطيف الكهرومغناطيسي تهم الاستشعار عن بعد، الشكل (1-4).

أ) المجال فوق البنفسجي Ultraviolet:

وهو من أقصر الموجات التي تهم الاستشعار عن بعد لأن الكثير من الأجسام الطبيعية تشع ضوءً مرئياً عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية، الشكل (1-5).



الشكل (1-4) الطيف الكهرومغناطيسي



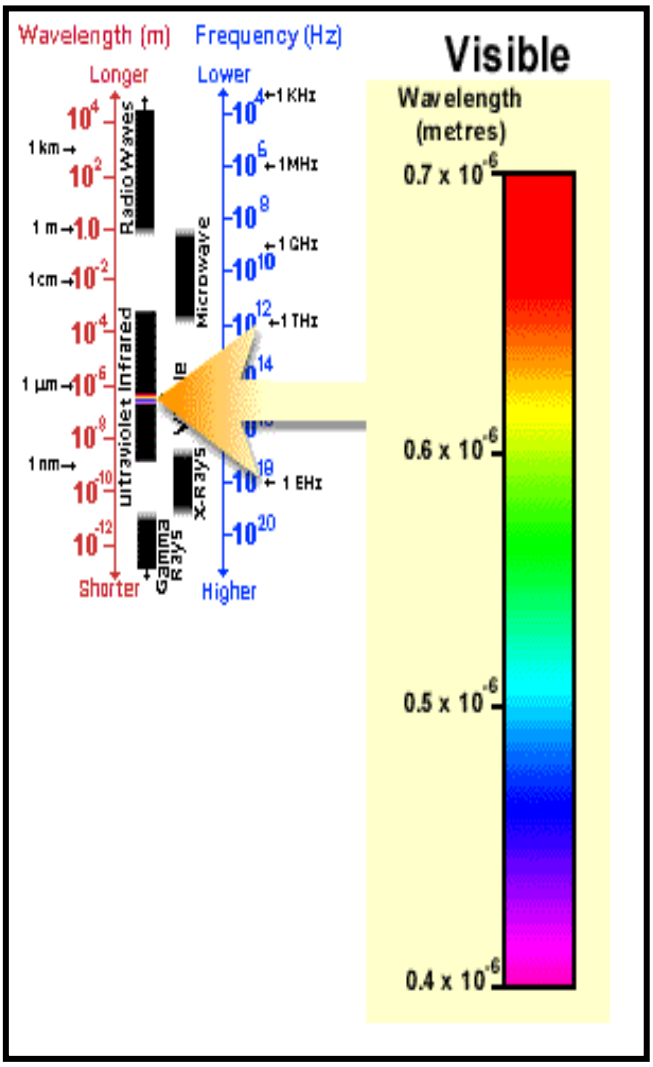
الشكل (1-5) المجال فوق البنفسجي

ب) المجال المرئي:

إن الضوء الذي تراه أعيننا يدعى بالمجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي. ومن الهام معرفة مدى صغر المجال المرئي مقارنة بغيره من المجالات. يغطي المجال المرئي الأشعة التي يتراوح طولها من 400 نانومتر

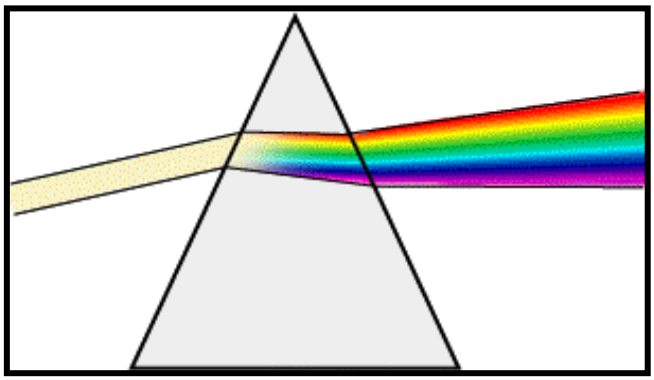
إلى 700 نانومتر، الشكل (1-6). أقصر الأطوال الموجية المرئية هو البنفسجي وأطولها هو الأحمر. ويمكن تقسيم المجال المرئي إلى الأقسام التالية:

- البنفسجي: 400 – 446 نانومتر.
- الأزرق: 446 – 500 نانومتر.
- الأخضر: 500 – 578 نانومتر.
- الأصفر: 578 – 592 نانومتر.
- البرتقالي: 592 – 620 نانومتر.
- الأحمر: 620 – 700 نانومتر.



الشكل (1-6) المجال المرئي

ويعتبر الأزرق والأخضر والأحمر الألوان الرئيسية نظراً لعدم إمكانية تشكيل أي لون من اللونين الآخرين. إلا أن كل الألوان الأخرى يمكن تركيبها من الأزرق والأخضر والأحمر. يمكن رؤية مكونات المجال المرئي عند مرور ضوء الشمس عبر الموشور الذي يقسم الأشعة إلى كميات متمايزة حسب طولها الموجي الشكل (1-7).

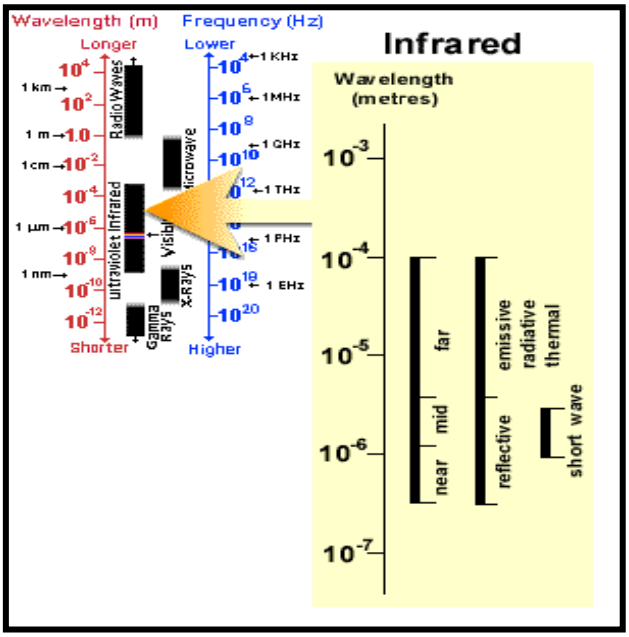


الشكل (1-7) انكسار الضوء عبر الموشور

ج) المجال تحت الأحمر:

وهو المجال الواقع بين الطول الموجي 700 و100.000 نانومتر، الشكل (1-8). وهو أكبر بمائة مرة من المجال المرئي. يقسم المجال تحت الأحمر إلى نوعين حسب خصائص الأشعة في هذا المجال هما:

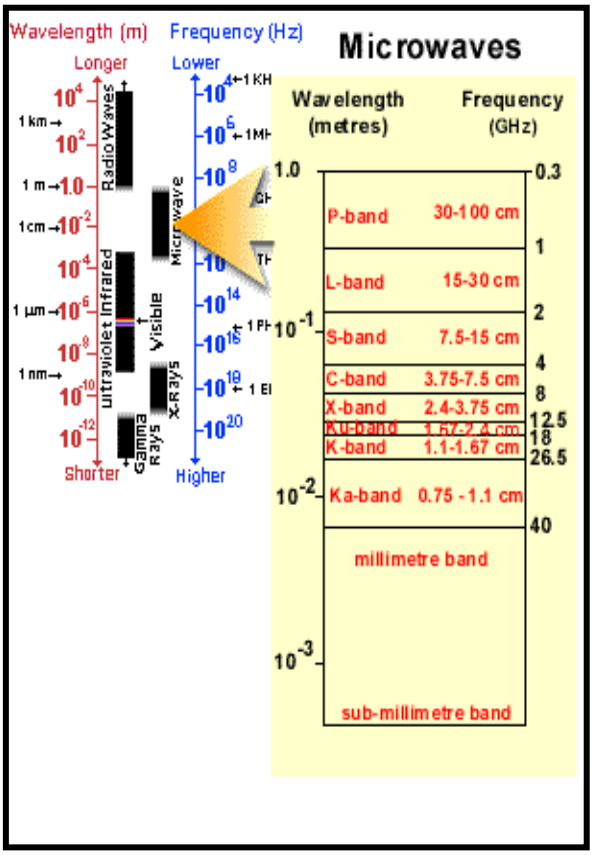
- الأشعة تحت الحمراء المنعكسة: وهي الأشعة المنعكسة عن الأهداف الطبيعية وتستخدم بنفس طريقة استخدام الأشعة المرئية في تطبيقات الاستشعار عن بعد وهي تغطي المجال من 700 إلى 3000 نانومتر.
- الأشعة تحت الحمراء الحرارية: وهي الأشعة التي تشعها الأجسام الطبيعية على شكل حرارة وبالتالي تختلف عن الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء المنعكسة وتغطي المجال من 3 إلى 100 ميكرومتر.



الشكل (1-8) المجال تحت الأحمر

د) الأمواج الميكروية:

تتراوح الأمواج الميكروية من 1 ميكرومتر إلى 1 متر، الشكل (1-9). ويعتبر هذا المجال هاماً للاستشعار عن بعد.



الشكل (1-9) الأمواج الميكروية

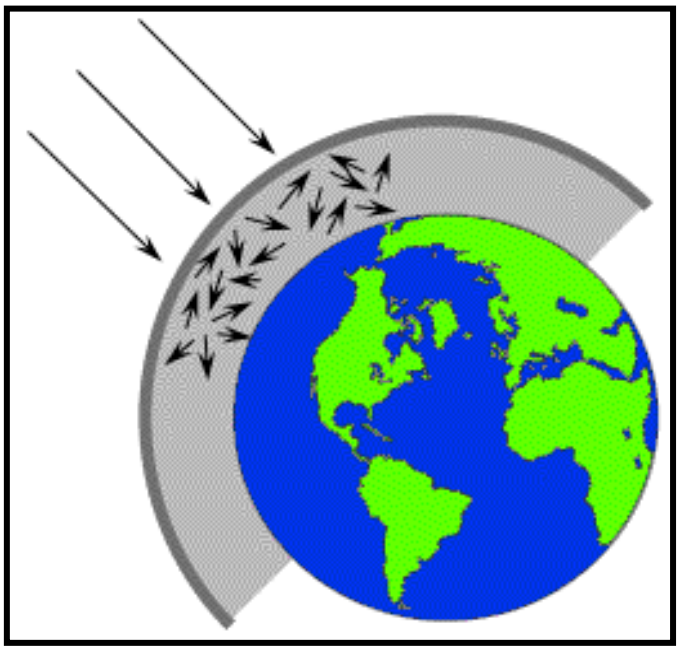
5- تفاعل الأشعة مع الغلاف الجوي:

قبل أن تصل الأشعة (أشعة الشمس أو أشعة أي مصدر آخر) إلى سطح الأرض لابد أن تمر في الغلاف الجوي، حيث يؤثر عليه غازات وجزيئات الغلاف الجوي. هذه التأثيرات يمكن أن تعزى لآليتي الانتثار والامتصاص.

الانتثار:

يحدث الانتثار عندما تتواجد في الغلاف الجوي جزيئات صلبة أو جزيئات غازية ضخمة تؤدي إلى انحراف الأشعة عن مسارها الأصلي، الشكل (1-10). تتعلق كمية الأشعة المنتثرة تحت تأثير الغلاف الجوي بعدة عوامل منها:

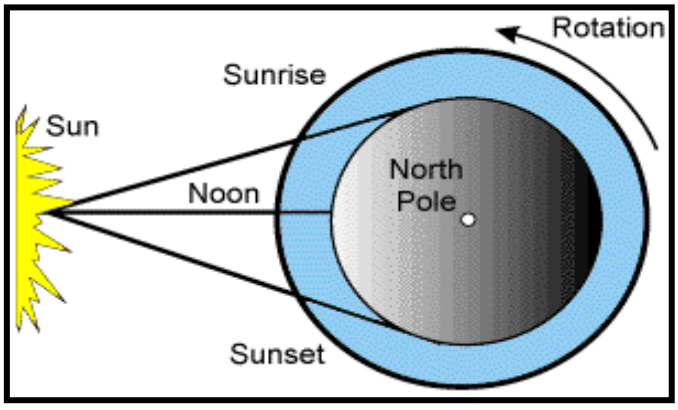
- كمية (غزارة) الجزيئات أو الغازات في الغلاف الجوي.
- المسافة التي تقطعها الأشعة ضمن الغلاف الجوي.
- طول موجة الأشعة التي تخترق الغلاف الجوي.



الشكل (1-10) عملية الانتثار

يمكن تميز ثلاثة أنواع من الانتثار تحت تأثير الغلاف الجوي هي:

1- **انتثار Rayleigh:** وهو يحدث عندما تكون الجزيئات صغيرة الحجم مقارنة بطول موجة الأشعة مثل الغبار وجزيئات الأوكسجين والآزوت، هذا النوع من الانتثار يعكس عادة الأشعة قصيرة الموجة أكثر من الطويلة. يحدث هذا النوع في طبقات الجو العليا، وهو المسؤول عن ظهور السماء باللون الأزرق (السماوي) لأن الأشعة القصيرة ضمن المجال المرئي (الأشعة الزرقاء) تنتشر أكثر من الأشعة الطويلة. في ساعات الشروق والغروب تقطع الأشعة مسافة أطول عبر الغلاف الجوي وهذا ما يؤدي إلى انتثار كامل للأشعة القصيرة تاركاً المجال لوصول كمية كبيرة من الأشعة طويلة الموجة، الشكل (1-11).



الشكل (1-11) الشروق والغروب

2 – **انتثار Mie:** يحدث هذا النوع عندما تكون أحجام الجزيئات مماثلة لطول موجة الأشعة نتيجة لوجود الغبار وغبار الطلع وبخار الماء وهو يكثر في الجزء السفلي من الغلاف الجوي حيث تكثر الجزيئات الخشنة ويزداد أكثر ما يمكن في الأجواء الغائمة.

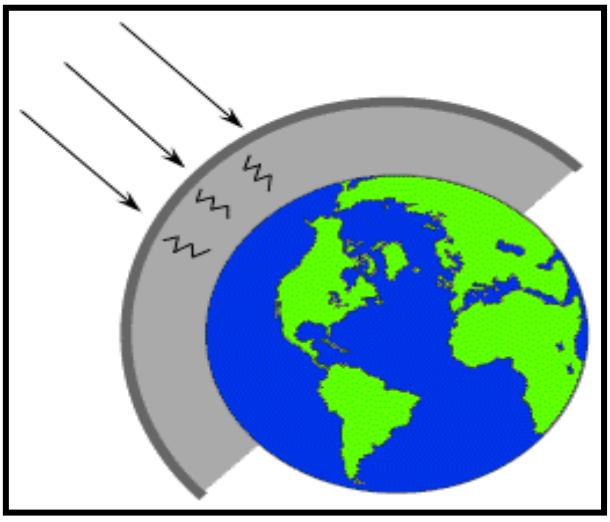
3 – **الانتثار العشوائي Nonselective:** هذا الانتثار ينتج عن الجزئيات الأكبر من طول موجة الأشعة، الشكل (1-12)، مثل قطرات الماء والغبار الغليظ، وهو يؤدي إلى انتثار كل الأشعة بشكل متساوٍ وهذا ما يعطي السماء اللون الأبيض عند وجود الضباب والغيوم لأن الأشعة الخضراء والزرقاء والحمراء تنتشر بشكل متساوٍ، ومن المعروف أن اجتماع هذه الألوان الثلاثة بشكل متساوٍ يشكل اللون الأبيض.

الشكل (1-12) الانتثار العشوائي

الامتصاص:

هو الآلية الثانية من آليات تأثير الغلاف الجوي على الأشعة المارة به، حيث تقوم مكونات الغلاف الجوي بامتصاص جزء من الأشعة ذات الأطوال الموجية المختلفة، الشكل (1-13). يعتبر الأوزون وثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء من أكثر عوامل امتصاص الأشعة في الغلاف الجوي.

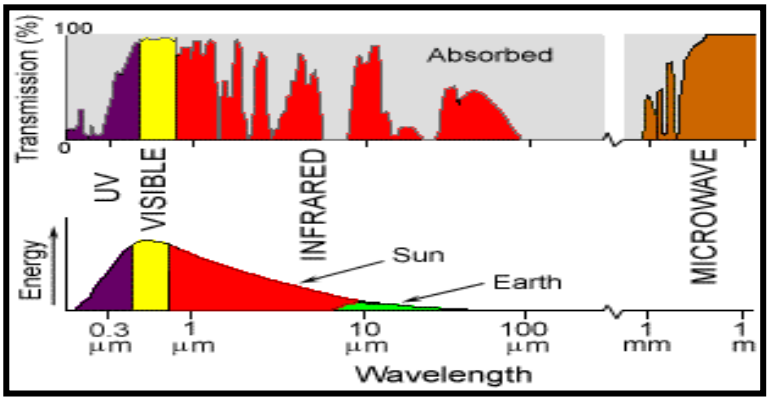
الأوزون: يقوم بامتصاص الأشعة الضارة (فوق البنفسجية) ولولا وجود الأوزون لانعدمت الحياة على سطح الأرض.



الشكل (1-13) امتصاص الأشعة

ثاني أوكسيد الكربون: يمتص هذا المركب الأشعة الطويلة ذات الطابع الحراري الناتج عن التسخين وبالتالي فإن أشعة الشمس تخترقه بسهولة بينما الأشعة طويلة الموجة المنعكسة عن سطح الأرض يمتصها مما يؤدي إلى ارتفاع حرارة الأرض وهذه الظاهرة تدعى ظاهرة الدفيئة.

تمتص الغازات الطاقة ليس على طول الطيف الكهرومغناطيسي بل في أجزاء محددة منه وهذا ما يدعونا إلى البحث عن تلك الأجزاء التي لا تتأثر بالغلاف الجوي لاستخدامها في الاستشعار عن بعد، هذه الأجزاء ندعوها نوافذ الغلاف الجوي، الشكل (1-14).



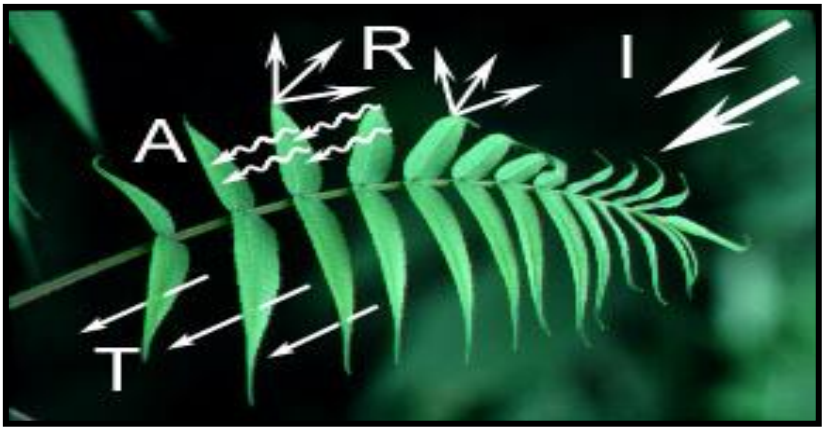
الشكل (1-14) نوافذ الغلاف الجوي

نجد أن إحدى النوافذ هي المجال المرئي الذي يتصف من جهة بأن مستوى الطاقة الصادرة عن أشعة الشمس تكون فيه أكبر ما يمكن ومن جهة أخرى فإن امتصاص الغلاف الجوي في هذا المجال يمكن إهماله. يمكن أن نلاحظ أيضا أن الانبعاثات الحرارية الناتجة عن سطح الأرض عند الطول الموجي 10 ميكرومتر (في المجال الحراري تحت الأحمر) يمكن اعتباره نافذة في الغلاف الجوي.

بينما نجد أن أعرض نافذة تقع عند الأطوال الموجية الأكبر من 1 مم وهو ما يتوافق مع الأمواج الميكروية.

6- تفاعل الأشعة مع الأهداف على سطح الأرض:

إن الأشعة التي لا تمتص من قبل الغلاف الجوي أو تنتشر فيه تصل إلى سطح الأرض وهنا يمكن أن نميز ثلاث حالات من تفاعل الأشعة الساقطة مع الأجسام المنتشرة على سطح الأرض، الشكل (1-15).



الشكل (1-15) تفاعل الأشعة مع الأهداف الأرضية

1- الامتصاص (A): حيث يقوم الهدف بامتصاص الأشعة إلى داخله.

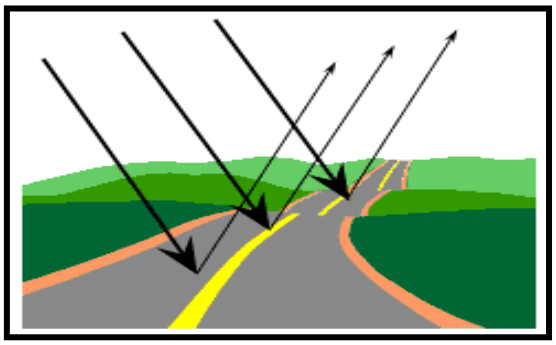
2- الانتقال (T): تنتقل الطاقة عبر الجسم.

3- الانعكاس (R): عندما يقوم الهدف بعكس الأشعة إلى الغلاف الجوي.

تعتمد كمية كل من الأنواع الثلاثة على طول الموجة ومادة الهدف وظروفه.

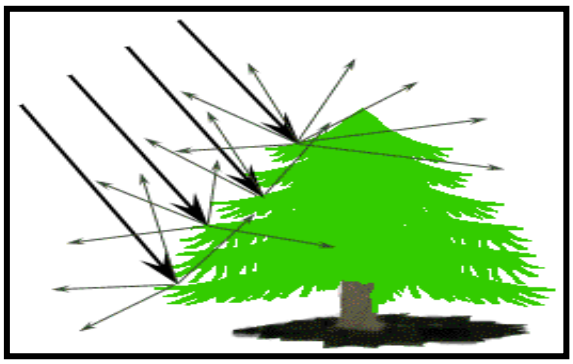
إن الانعكاس هو ما يهمنا في الاستشعار عن بعد ويكمن أن نميز نوعين من الانعكاس:

1- الانعكاس المنظاري أو المرآتي (Specular): وهو ارتداد معظم الأشعة عن سطح الجسم وفق زاوية واحدة، الشكل (1-16).



الشكل (1-16) الانعكاس المنظاري

2- الانتشار (Diffuse): يحدث عندما يكون السطح خشناً، عندها ترتد الأشعة في كل الاتجاهات تقريباً، الشكل (1-17).

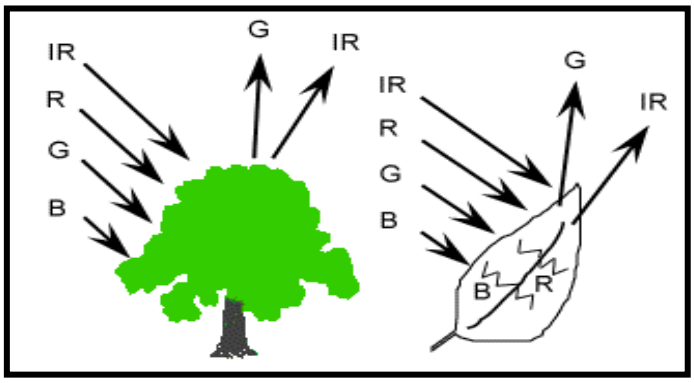


الشكل (1-17) الانتشار

تقع الأجسام من حيث صفاتها الانعكاسية بين الانعكاس الكامل والانتشار الكامل وهذا يعتمد على خشونة السطح مقارنة بطول موجة الأشعة الساقطة عليه فبعض الأجسام تنشر الأمواج القصيرة وتعكس الطويلة منها. ولتوضيح ذلك نورد بعض الأمثلة:

الأوراق النباتية:

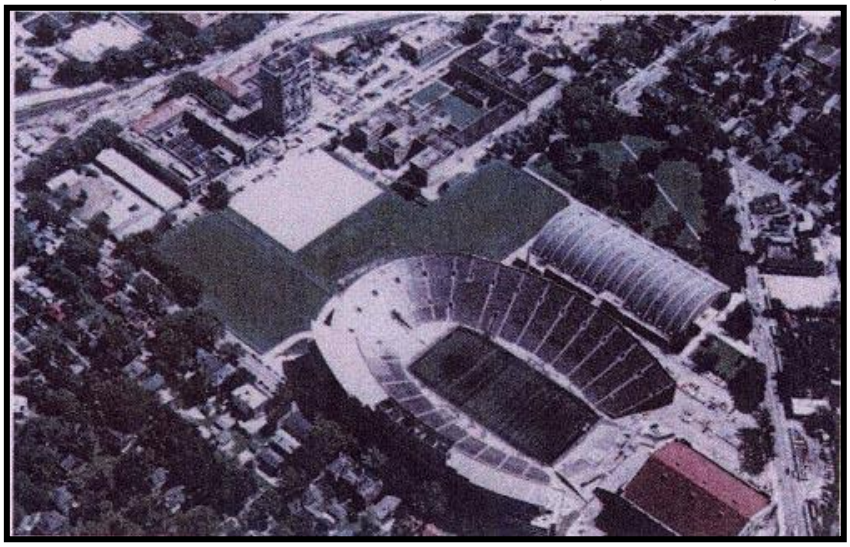
يعتبر اليخضور من أهم مكونات الورقة النباتية وهو يمتص الأشعة الحمراء والزرقاء ويعكس الخضراء منها ولذلك تبدو الأوراق خضراء اللون في فصل الصيف بينما في الخريف تقل كمية اليخضور فيعكس جزءا أكبر من اللون الأحمر ولذلك تبدو الأوراق حمراء أو صفراء (لأن اللون الأصفر ينتج من تمازج اللونين الأحمر والأخضر، الشكل (1-18)، وبذلك يمكن التمييز بين النباتات السليمة والمصابة. إن الراصد للنباتات في المجال تحت الأحمر(لو كانت أعيننا ترى الأشعة تحت الحمراء) سيجد أن لونها فاتحاً جداً وذلك لأن الأوراق السليمة تعتبر عاكساً ممتازاً لهذه الأشعة لذلك يستخدم العلماء هذه الأشعة لتحديد سلامة الغطاء النباتي.



الشكل (1-18) انعكاس الأشعة عن الأوراق النباتية

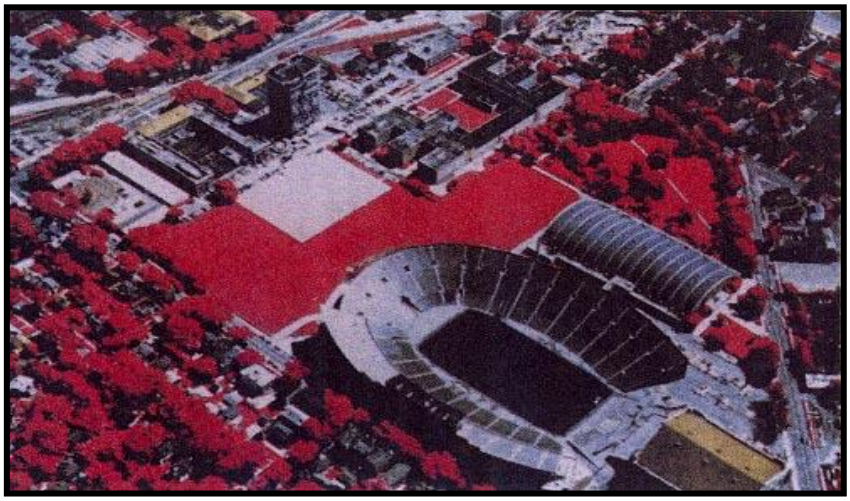
يمكن إعطاء مثالاً عن آلية استخدام الصور تحت الحمراء في تحديد مدى سلامة الغطاء النباتي.

الصورة (1) التقطت في المجال المرئي تبدو النباتات باللون الأخضر، وكذلك تبدو أرضية ملعب كرة القدم.



الصورة (1)

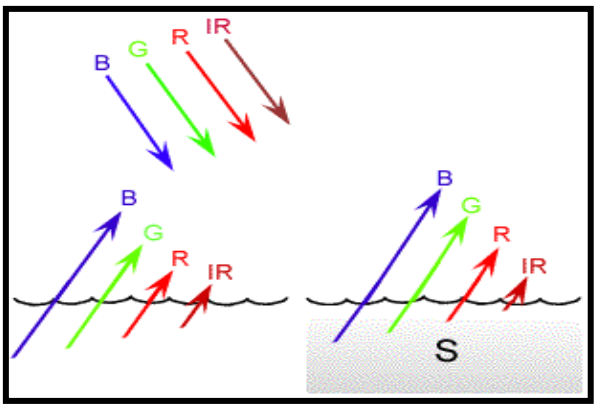
الصورة (2) التقطت في المجال تحت الأحمر تبدو النباتات باللون الأحمر، لكن أرضية ملعب كرة القدم لا تبدو كذلك لماذا؟



الصورة (2)

الماء:

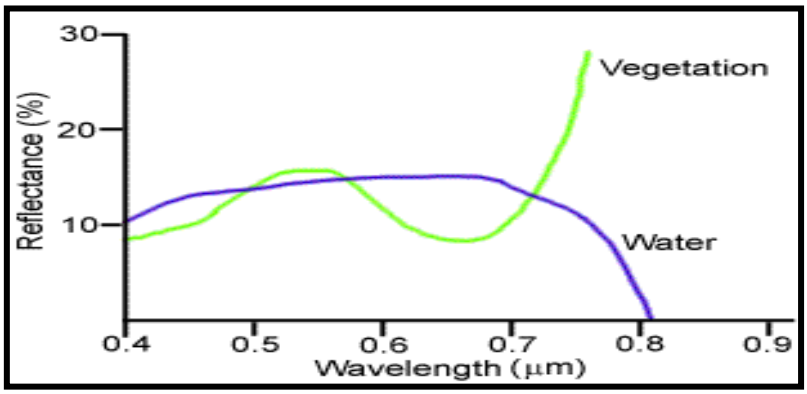
يمتص الماء الأشعة المرئية الطويلة والأشعة تحت الحمراء القريبة بدرجة أكبر من الأشعة المرئية القصيرة، لذلك ترى المياه عادة باللون الأزرق أو اللون الأزرق المخضر حسب شدة انعكاس الأشعة قصيرة الموجة. المياه العكرة (نتيجة وجود المعلقات الناتجة عن الطمي الناعم) في أجزائها العلوية تبدو بلون أفتح من المياه النقية لأن العكارة تعكس الأشعة الطويلة بشكل أفضل، إلا أنه لا يمكن تمييز المياه العكرة عن المياه النقية الضحلة نظراً لتشابه الحالتين. إن وجود اليخضور في الطحالب المائية يؤدي إلى امتصاص أكبر للأشعة الزرقاء فتظهر المياه باللون الأخضر. تلعب الصفات السطحية للمياه (الخشونة، النعومة، المواد الطافية، ....) دوراً كبيراً في تعقيد عملية تفسير خصائص المياه بواسطة الاستشعار عن بعد، الشكل (1-19).



الشكل (1-19) انعكاس الأشعة عن الماء

الاستجابة الطيفية Spectrometric:

يمكن القول من خلال الأمثلة السابقة أن طبيعة ظهور هدف ما (لونه مثلاً) يعتمد على صفات الهدف (طبيعة السطح، صفات فيزيائية، صفات كيميائية) وعلى طول الأشعة المستخدمة في المراقبة (الإضاءة)، وبالتالي تتمايز الأهداف المختلفة عن بعضها البعض بما يدعى الاستجابة الطيفية للهدف المدروس. يمكن مراقبة صفات كل هدف (الامتصاص، الانتقال، الانعكاس) عن طريق رصد خصائصه الانعكاسية على طول الطيف الكهرومغناطيسي وبالتالي يمكن استخدام الأشعة المنعكسة في تمييز الأهداف عن بعضها البعض بطبيعة ونوع وشدة الأشعة المنعكسة عنها، الشكل (1-20).



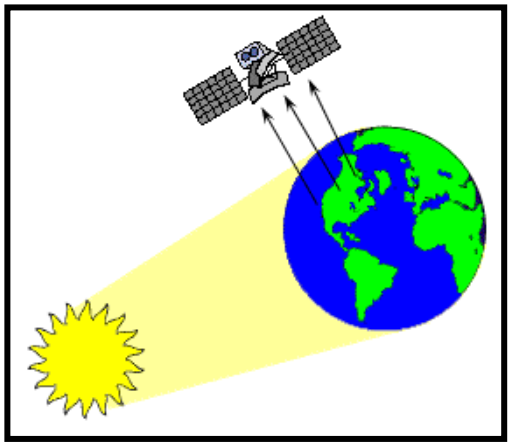
الشكل (1-20) الاستجابة الطيفية للماء والنباتات.

7- الاستشعار الفعال والاستشعار السالب:

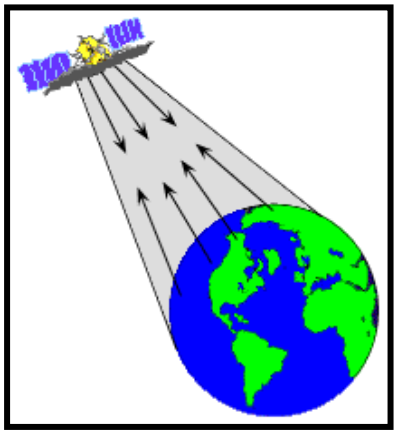
على الرغم من أننا اعتمدنا في هذا الفصل على الشمس كمصدر طاقة لشرح الأفكار الواردة فيه، إلا أن الشمس تعتبر بحق من أهم مصادر الطاقة بالنسبة للاستشعار عن بعد، حيث أن الأشعة الشمسية إما أن تنعكس عن الأهداف والأجسام الطبيعية كما هو الحال في المجال المرئي، أو يتم امتصاصها ومن ثم تقوم الأجسام بإعادة انبعاث الأشعة كما هو الحال في المجال تحت الأحمر الحراري. وبناءً عليه يمكن تقسيم المستشعرات (وهي الأجهزة التي تقوم بتسجيل الأشعة المنعكسة أو المنبعثة عن الأهداف) إلى نوعين حسب مصدر الطاقة المستخدم في إضاءة الأجسام المدروسة وهما:

1- **المستشعرات السالبة:** وهي الأجهزة الاستشعارية المستخدمة في الاستشعار عن بعد التي تقوم بقياس الطاقة المتاحة بشكل طبيعي (ويقصد بها الأشعة الشمسية المنعكسة عن الأهداف أو الأشعة المنبعثة

من الأهداف ذاتها على شكل طاقة حرارية)، الشكل (1-21). إن الأشعة المنعكسة لا يمكن رصدها وقياسها وتسجيلها إلا في ساعات النهار وذلك لانعدام الأشعة الشمسية المنعكسة ليلاً، أما الأشعة المنبعثة عن الأهداف (وهي بمعظمها أشعة حرارية في المجال تحت الأحمر الحراري) فيمكن رصدها وقياسها وتسجيلها ليلاً ونهاراً ولكن ذلك يعتمد على أن كمية هذه الأشعة كافية لرصدها وقياسها وتسجيلها.



الشكل (1-21) المستشعرات السالبة



الشكل (1-22) المستشعرات الفعالة

2- **المستشعرات الفعالة:** يحتوي المستشعر على مصدر طاقة لإضاءة الهدف، حيث يقوم بتوجيهها نحو الهدف مباشرة الذي يقوم بدوره بعكسها نحو المستشعر ليتم تسجيلها، الشكل (1-22). يمكن استخدام هذا النظام بغض النظر عن الظروف الجوية وظروف الإضاءة ولكن يشترط أن يكون المستشعر مزوداً بمصدر طاقة كافية لإضاءة الهدف. يستخدم هذا النظام في المجالات الطيفية غير المتوفرة في أشعة الشمس كالأمواج الراديوية وخير مثال على هذه المستشعرات (المستشعرات الليزرية والرادارية).

8-ميزات الاستشعار عن بعد:

أولاً- الشمولية: إن الصور الفضائية تُلتقط من ارتفاعات عالية جداً تتراوح هذه الارتفاعات بين 500 و600 كم للصور التي تلتقط بواسطة المركبات والمحطات الفضائية، وبين 700 و2000 كم للصور التي تلتقط بواسطة التوابع الصنعية. لذلك فإن هذه الصور تتميز بالشمولية أي أنها تستطيع أن تغطي مساحات كبيرة

جداً. حيث تغطي صورة واحدة من نوع ميتيور مثلاً عشرة ملايين كيلومتر مربع، وتغطي بأنواع أخرى من التوابع مساحات أكبر.

ثانياً– التكرارية: من المعروف أن للتوابع الصنعية مسارات ثابتة ودائمة تحافظ عليها بشكل دقيق. حيث يمكن أن تقدم صوراً متكررة لمنطقة واحدة خلال فترة مختلفة من العام. فنجد مثلاً أن التوابع الصنعية الأمريكية تقدم صوراً متكررة عن المنطقة الواحدة كل 18 يوم، والتوابع الصنعية الفرنسية تعطي كل 26 يوماً صورة للمنطقة وصورة كل 4 أيام في التصوير المائل، والتابع الهندي ايرس يعطي صورة لكل منطقة كل 22 يوماً، أما التوابع الصنعية المخصصة للدراسات الميترولوجية فتتراوح التكرارية الزمنية بين 12 ساعة ونصف ساعة، وأحياناً تكون الصور دورية (فصلية– سنوية أو كل عدة سنوات).

ثالثاً– قوة التمييز المكانية: تُعرف بأنها أصغر مساحة يمكن للمستشعر أن يميزها على سطح الأرض وتمثل خلية صورية واحدة (بكسل Pixel) الذي يعتبر أصغر عنصر في الصورة تتميز الصور الفضائية بقدرات تمييز واسعة تتراوح من عدة كيلومترات في الصور القاريّة كما في ميتيور ونمبوس، إلى عدة مئات من الأمتار كما في ميتيور ونوى الأمريكي، إلى 80 م للماسح متعدد الأطياف (MSS) في التابع الصنعي الأمريكي لاندسات، و30 م للماسح الغرضي TM. أما في التابع الفرنسي سبوت تتراوح قوة تمييز الظواهر بين 20 و10 م حسب نظام التصوير المستخدم. وفي الكاميرات الروسية تتراوح قوة التمييز للظواهر بين 5 م و 10م و45 م وهناك صور ايكنوس بقوة تمييز واحد متر، والكويك بيرد بقوة تمييز 61 سم وبالتالي يمكن مشاهدة أدق الظواهر على سطح الأرض.

رابعاً– التعددية الطيفية: التوابع الصنعية مجهزة بأجهزة مسح يمكنها أن تلتقط صوراً عديدة وبأطياف مختلفة في لحظة واحدة ولمنطقة واحدة. نجد مثلاً أن التوابع الصنعية الأمريكية MSS مجهزة بماسح متعدد الأطياف يقوم بالتقاط الصور ضمن أربع أقنية طيفية Bands وماسح غرضي يقوم بالتقاط الصور ضمن سبعة أقنية طيفية، إحداها ضمن مجال حراري كما هو في حالة التابع الصنعي لاندسات (4،5،6)، وهناك توابع صنعية تحمل أجهزة رادارية كما هو الحال في التابع الصنعي الأوربي ايرس–1 (ERS–1)، والتابع الكندي رادارسات

وهذا كله يساعد على دراسة المنطقة المصورة من جميع جوانبها وبمختلف الأوضاع وهذا ما يساعد على دراسة المنطقة المصورة من جميع جوانبها وبمختلف الأوضاع وهذا ما يتيح لنا الحصول على معلومات أكثر من سطح الأرض كما أن التصوير الحراري يوفر لنا تمييزاً دقيقاً بين المواد الصخرية المعدنية وتوزعها في القشرة الأرضية.

خامساً- المعلوماتية العالية للصور الفضائية: تبعاً للخصائص المتميزة للصور الفضائية أو الجوية الاستشعارية فإن المعلومات التي توفرها تكون كبيرة ودقيقة وشاملة بحيث يمكن الاستفادة منها في مختلف المجالات (تخطيط إقليمي، تنظيم عمراني، دراسة الموارد الطبيعية، الدراسات البيئية والمناخية والتلوث، وغيرها من المجالات)، وبالتالي توفر الكثير من الوقت والجهد والمال.

2

المنصات الفضائية والمستشعرات

Space Platforms and Sensors

في المحاضرة الأولى تطرقنا إلى مصدر الطاقة وتفاعل الأشعة مع الغلاف الجوي وتفاعلها مع الأهداف والأجسام الأرضية (المراحل الثلاث الأولى من العملية الاستشعارية) أما في هذا الفصل فسنتناول عملية تسجيل المعلومات المنعكسة عن الأهداف الأرضية (تسجيل الطاقة).

1- المستشعرات الأرضية والجوية والفضائية:

حتى تتمكن المستشعرات من تسجيل الطاقة المنعكسة عن الأهداف الأرضية فإنها تحتاج إلى منصات مستقرة تحملها وتتحرك بها فوق الأهداف المراد تسجيل الطاقة المنعكسة عنها. يمكن تركيب المستشعرات إما فوق الأرض مباشرةً (مستشعرات أرضية) أو على الطائرات أو البالونات (أو على أية وسيلة أخرى تحلق ضمن الغلاف الجوي) وتسمى (مستشعرات جوية)، أو على متن المركبات الفضائية أو ما يطلق عليها التوابع الصنعية وتسمى (مستشعرات فضائية):

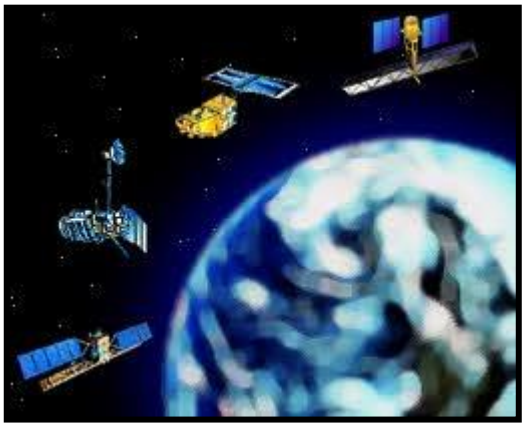
1) **المستشعرات الأرضية:** تستخدم لتسجيل المعلومات المفصلة عن الأهداف، لمقارنتها مع تلك الملتقطة من الطائرات والتوابع الصنعية. تفيد في فهم أفضل لأهداف وتوصيف أشمل مما يؤدي بالتالي إلى فهم عملية التصوير Imagery ويمكن أن تحمل المستشعرات الأرضية على مناصب ثلاثية الأرجل أو على رافعات صغيرة أو رافعات برجية أو على أسطح الأبنية والأبراج العالية أو على أعمدة ....، الشكل (2-1).

الشكل (2-1) المستشعرات الأرضية محمولة على رافعات

2) **المستشعرات الجوية:** تستعمل للحصول على صورة مفصلة جداً للأهداف الأرضية ويكمن أن تحمل المستشعرات على بالونات أو حوامات أو طائرات.....، الشكل (2-2).

الشكل (2-2) المستشعرات المحمولة على حوامات أو طائرات.

3) **المستشعرات الفضائية:** تستعمل للحصول على صور لجزء كبير من الأرض وتكون محملة أحياناً على المحطات الفضائية (محطة مير، أو المحطة العالمية الجديدة)، الشكل (2-3). ولكنها غالباً ما تحمل على التوابع الصنعية، الشكل (2-4).

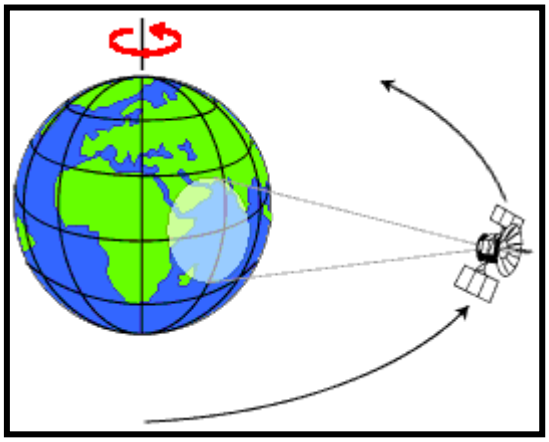


الشكل (2-3، 2-4) المستشعرات محمولة على المحطات الفضائية أو التوابع الصنعية

2 – ميزات التوابع الصنعية (المدار والنطاق):

إن التجهيزات الاستشعارية (المستشعرات) يمكن أن تحمل على متن التوابع الصنعية وتقوم بالحركة في الفضاء وفق مسار معين وهو ما ندعوه بالمدار(Orbit). يوافق المدار مواصفات المستشعر المحمول على متنه، تختلف المدارات باختلاف ارتفاعها عن سطح الأرض وحركتها بالنسبة لدوران الأرض، ويمكن تقسيم المدارات إلى أنواع:

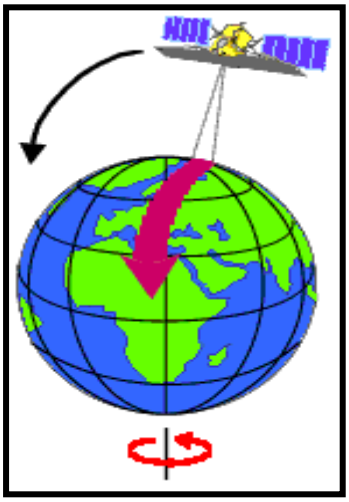
1. **المدارات الثابتة بالنسبة للأرض (Geostationary Orbits):** تكون التوابع الصنعية على ارتفاع 36000 كم تقريباً وتدور بشكل متوافق مع دوران الأرض بحيث تبدو دائما فوق منطقة ما على الكرة الأرضية. تستخدم هذه التوابع لرصد ومراقبة وجمع المعلومات عن منطقة ما بشكل مستمر، الشكل (2-5).



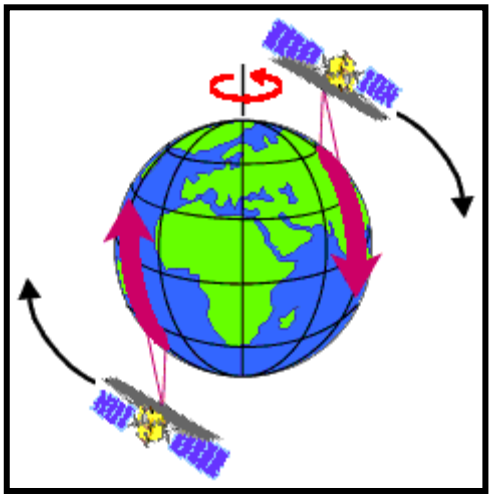
الشكل (2-5) التوابع الصنعية وتدور بشكل متوافق مع دوران الأرض

2. **المدارات القطبية أو قرب القطبية:** وهي التوابع الصنعية التي تتحرك على مسارات من الشمال إلى الجنوب وهي تغطي كامل الكرة الأرضية خلال فترة زمنية معينة وتكون متوافقة مع حركة الشمس أي أن التابع الصنعي يمر فوق أي نقطة من نقاط الأرض ليس فقط خلال النهار بل خلال توقيت شمسي محلي واحد لتوحيد إضاءة سطح الأرض في الفصل الواحد، الشكل (2-6). وبالتالي فإن التوابع الصنعية تتحرك من الجنوب إلى الشمال فوق أحد جوانب الكرة الأرضية وتسمى الحركة الصاعدة ascending وتعود باتجاه الجنوب فوق الوجه الآخر للكرة الأرضية وتسمى الحركة الهابطة descending تمر التوابع الصنعية أثناء الحركة الصاعدة فوق الجانب المعتم من الكرة الأرضية (خاصة في التوابع الصنعية المتوافقة مع الشمس) بينما تمر أثناء الحركة الهابطة فوق الجانب المشمس، الشكل (2-7). لذلك تُلتقط الصور باستخدام

المستشعرات السالبة أثناء الحركة الهابطة، بينما تعمل المستشعرات الفعالة أو المستشعرات التي تسجل الإشعاع الأرضي أثناء الحركة الصاعدة.

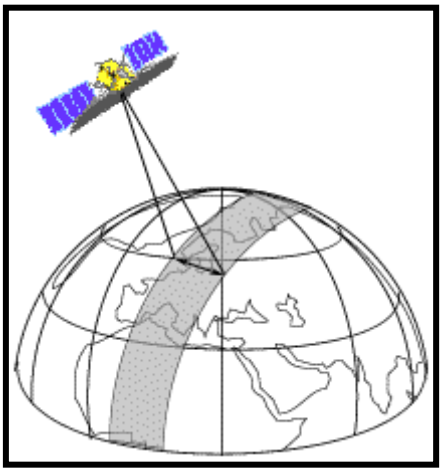


الشكل (2-6) المدارات الشبه قطبية للأقمار الصناعية



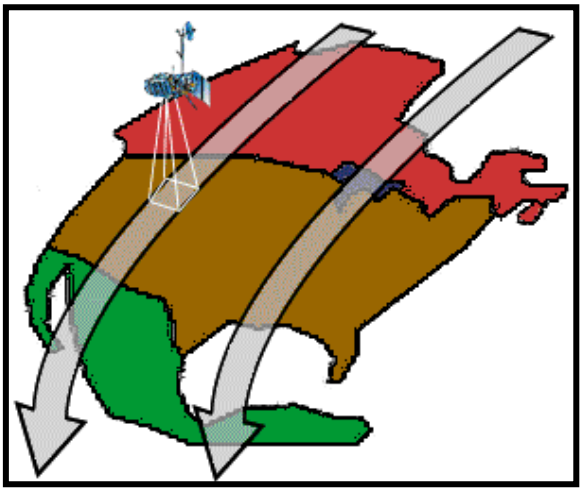
الشكل (2-7) المسار الصاعد والمسار الهابط للأقمار الصناعية

النطاق Swath: بينما تمر التوابع الصنعية فوق الكرة الأرضية فإن المستشعرات ترى (تمسح) جزءاً من الكرة الأرضية وتصويره، هذا الجزء المصور يسمى نطاقاً، الشكل (2-8).



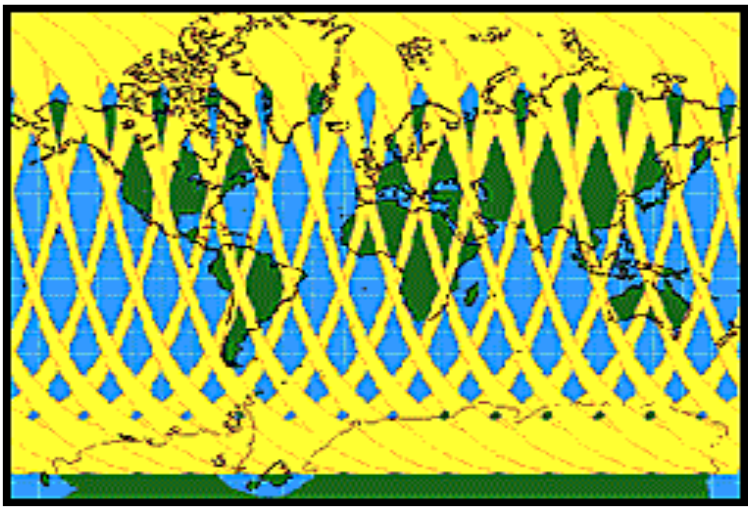
الشكل (2-8) النطاق الممسوح أثناء مرور التوابع الصنعية

بينما تمر التوابع الصنعية أثناء حركتها الهابطة فإن الكرة الأرضية تدور في نفس الوقت وبالتالي فإن المستشعرات الفضائية في كل حركة هابطة تصور نطاقاً جديداً على سطح الكرة الأرضية، الشكل (2-9).



الشكل (2-9) النطاقات الجديدة المصورة بالحركة الهابطة للتوابع الصنعية

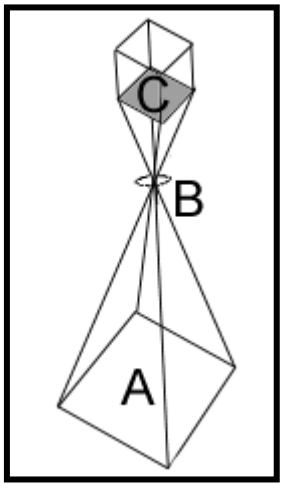
إذا أخذنا أي نطاق من النطاقات الأرضية المصور بواسطة تابع صنعي ما فإن التابع سيعود لمسح نفس النطاق بعد فترة زمنية ما وهو ما يدعى باللغة الإنكليزية nadir. والزمن اللازم لعودة التابع الصنعي مرة ثانية إلى نفس النقطة يدعى زمن العودة ولكن استخدام مستشعرات قابلة للتدوير يجعل زمن العودة إلى نفس النقطة أقل، تُصور مناطق خطوط العرض العالية أكثر من خطوط العرض القريبة من خط الاستواء وذلك لتكرر مرور التوابع الصنعية فوق القطبين وبالتالي ينتج عنه ما يسمى تداخل النطاقات المتجاورة، الشكل (2-10).



الشكل (2-10) تداخل النطاقات المجاورة

3- التصوير الجوي والكاميرات الجوية:

تعتبر الكاميرات الجوية من أبسط وأقدم التجهيزات المستخدمة في الاستشعار عن بعد. الكاميرات الجوية، الشكل (2-11)، عبارة عن مستشعرات سالبة مؤلفة بشكل عام من عدسة (B) تقوم بمسح منطقة ما (A) فتظهر خيالها على المستوي المحرقي للعدسة (C) حيث يكون تمايز المنطقة المصورة أفضل ما يكون عند هذا المستوي.



الشكل (2-11) الكاميرات الجوية المستخدمة في الاستشعار عن بعد

تكون الأفلام الفوتوغرافية حساسة للمجال فوق البنفسجي والمجال المرئي وجزءً من المجال تحت الأحمر من 300 نانومتر إلى 900 نانومتر، أما الأفلام البانوكروماتية فهي حساسة للمجال المرئي ولجزء من المجال تحت الأحمر، وهي تنتج صوراً بالأبيض والأسود وهي الأكثر شيوعاً في التصوير الجوي، ويمكن استخدام مرشحات Filters خاصة تقوم بإسقاط الطاقة ضمن مجال طيفي معين على الفيلم منع طاقة بقية المجالات من الوصول إلى الفيلم.

الألوان الكاذبة والألوان الحقيقية:

لتكوين صور بألوان حقيقية تستخدم أفلام مؤلفة من ثلاث طبقات كل منها حساسة لمجال واحد (أخضر أو أزرق أو أحمر) تظهر الصور الملتقطة بهذا الطريقة كالصور التي تراها أعيننا تماماً، الشكل (2-12).

الشكل (2-12) الألوان الحقيقية للصورة

أما في الصور ذات الألوان الكاذبة أو الوهمية فإن الفيلم يتألف من ثلاثة طبقات هما الأخضر والأحمر أما الثالثة فهي حساسة للمجال تحت الأحمر القريب ومن ثم تظهر الصورة لتبدو بالألوان RGB وبالتالي فإن الألوان تبدو غير حقيقية، الشكل (2-13).

الشكل(2-13) الألوان تبدو غير حقيقية للصورة

يمكن أن توضع الكاميرات على تجهيزات فوق سطح الأرض أو على طائرات أو حوامات أو بالونات أو على متن التوابع الصنعية.

أكثر الصور تفصيلاً للأهداف المدروسة هي الصور الجوية ولها تطبيقات واسعة في دراسة الأهداف صغيرة الأبعاد. تعتمد التغطية الأرضية للصورة على العديد من العوامل منها: البعد المحرقي للعدسة وارتفاع المنصة

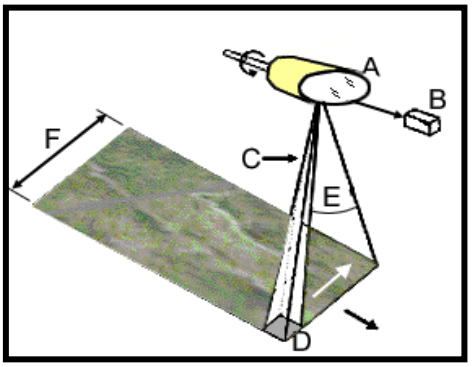
(النظام الحامل للكاميرا) وأبعاد الفيلم المستخدم في التصوير. تستخدم الكاميرات بشكل عام عدسات ذات أبعاد محرقية 90 و152 و210 مم أكثرها شيوعا هو 152 مم وكلما طال البعد المحرقي كلما صغرت المساحة المصورة وكلما زادت التفاصيل وبالتالي يمكن الحصول على صور ذات مقياس أكبر وبالتالي أمكن إنتاج خرائط ذات مقياس أكبر. وكلما ازداد ارتفاع المنصة كلما كبرت المساحة الملتقطة وبالتالي صغر مقياس الصورة الفضائية وقلت تفاصيل المساحة المدروسة، يصل الميز المكاني للصور الجوية إلى 50 سم.

4- المواسح متعددة الأطياف Multispectral Scanning (MSS):

تستخدم المستشعرات الإلكترونية أنظمة مسح تقوم بجمع البيانات المنعكسة عن سطح الأرض على عدة مجالات طيفية ويمكن أن تعمل على متن الطائرات أو التوابع الصنعية وتدعى بالمواسح متعددة الأطياف.

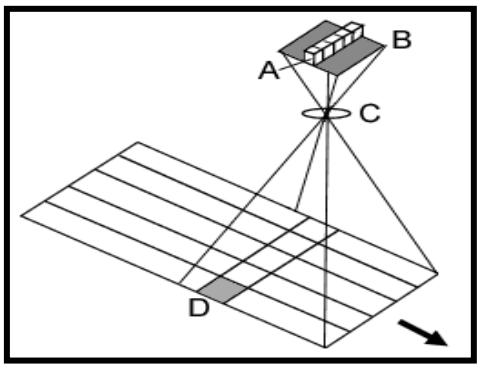
تقسم المواسح متعددة الأطياف إلى قسمين:

أ- **مواسح عرضية:** تقوم بمسح النطاق بشكل يعامد مسار التصوير، الشكل (2-14).



الشكل (2-14) مواسح عرضية

ب-مواسح طولية: تقوم بالمسح على طول مسار التصوير، الشكل (2-15).

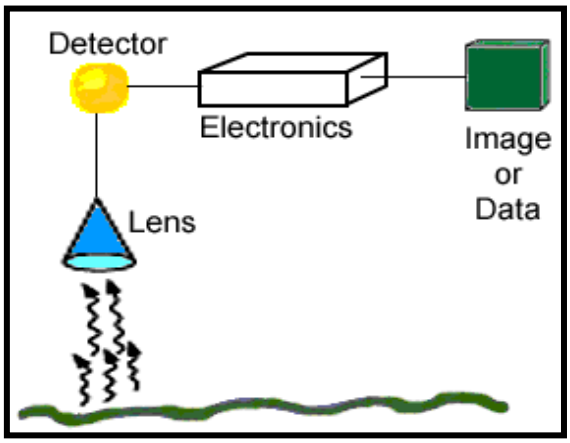


الشكل (2-15) مواسح طولية

5- التصوير الحراري.

معظم المواسح متعددة الطيف تقوم بتسجيل المعطيات في المجال المرئي كما تقوم بتسجيل الأشعة المنعكسة في المجال تحت الأحمر وكذلك ترصد وتسجل البيانات تحت الحمراء الحرارية، ومع ذلك فإنه يوجد فرق كبير بين استقبال الأشعة المنعكسة تحت الحمراء والأشعة الحرارية تحت الحمراء الناتجة عن الانبعاثات الإشعاعية الأرضي في المجال 3- 15 ميكرومتر.

تستخدم المستشعرات الحرارية أفلاماً حساسة للتلامس المباشر للفوتونات مع أسطحها، لتستطيع تسجيل الانبعاثات الحرارية الأرضية. يتم تبريد الحساسات إلى درجة قريبة من الصفر المطلق. تقيس المستشعرات الحرارية حرارة السطح والصفات الحرارية للأهداف المدروسة، الشكل (2-16).



الشكل (2-16) المستشعرات الحرارية

يتم تسجيل الصور الحرارية بمواسح من النوع الأول (المواسح العرضية) تسجل الإشعاعات المنبعثة في المجال الحراري فقط، تقوم المستشعرات بمقارنة درجات الحرارة مع درجات مرجعية ثابتة وغالبا ما تستخدم درجة الصفر المطلق ويصل الميز الحراري لمعظم المواسح إلى 0.1 درجة مئوية. تعرض الصور الحرارية، الشكل (2-17)، بالأسود والأبيض ويقابل الدرجات الفاتحة من الرمادي أهدافا ذات حرارة عالية بينما الأهداف الباردة تظهر بلون قاتم.

الشكل (2-17) الصور الحرارية

تكون تشوهات الأشعة الحرارية بفعل الغلاف الجوي ضئيلة جداً بسبب طول الموجة. ومع ذلك يحدث امتصاص الطاقة من قبل بعض غازات الغلاف الجوي الأمر الذي قلص المجال الحراري تحت الأمر إلى نافذتين هما:

1. النافذة الحرارية تحت الحمراء الأولى. وتتراوح من 3- 5 ميكرومتر.
2. النافذة الحرارية تحت الحمراء الثانية. وتتراوح من 8- 15 ميكرومتر.

تستخدم المستشعرات الحرارية مجال رؤية كبير لتسجيل الأشعة الحرارية وبالتالي فإن الميز المكاني لهذه المستشعرات يكون منخفضاً عادة.

يمكن التقاط الصور الحرارية ليلاً ونهاراً لأن الأشعة الحرارية الأرضية المنبعثة لا تقتصر على ساعات الليل بل تشمل كل ساعات اليوم. وتستخدم هذه الصور في مجالات عديدة كمراقبة الكوارث وحرائق الغابات وفي المجالات العسكرية.

6- المستشعرات الميكروية:

تشمل المستشعرات الميكروية النوعين المتعارف عليهما من الاستشعار عن بعد السالب والفعال.

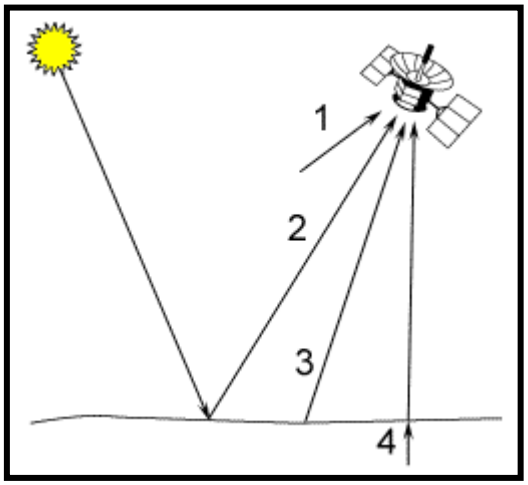
يتراوح طول موجة الأشعة الميكروية من 1 سم وحتى 1 م. لذلك فإن الأمواج الميكروية تمتاز عن الأشعة الصورة وفوق البنفسجية وتحت الحمراء بمواصفات استشعارية جيدة مثل اختراق الغيوم والغبار ولا تتأثر

بالغلاف الجوي نظراً لطول موجتها وبالتالي يمكن استعمالها في كل الظروف الجوية وتمكن المختصين من جمع المعطيات في أي وقت.

أ- المستشعرات الميكروية السالبة، حيث مصادر الأشعة الميكروية تأتي من:

1. الانبعاث من الغلاف الجوي.
2. الانعكاس عن الأجسام الأرضية.
3. الانبعاث من الأجسام الأرضية.
4. الانبعاث من الأجسام تحت سطح الأرض.

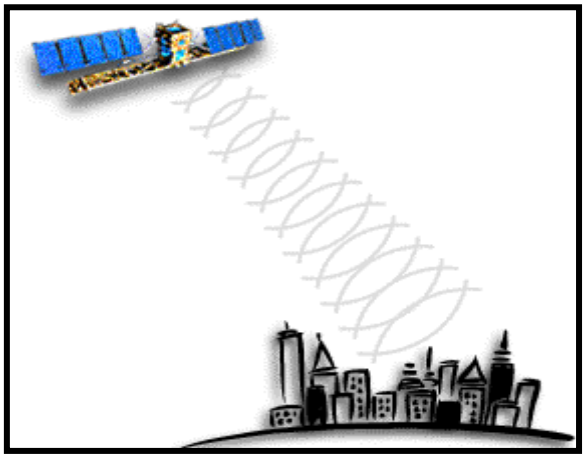
وبما أن كمية هذه الأشعة قليلة وطول موجتها كبير يجب أن تكون المواسح المستخدمة ذات حقل رؤية كبير جداً وبالتالي فإن الميز المكاني للصور المتلقطة بهذه التقنية منخفض جداً، الشكل (2-18).



الشكل (2-18) المستشعرات الميكروية السالبة

ب- المستشعرات الفعالة باستخدام الأمواج الميكروية.

تستخدم المواسح الميكروية الفعالة مصدر طاقة لإضاءة الهدف المدروس ثم تستقبل الأشعة المنعكسة وتقوم بتسجيلها، الشكل (2-19) .

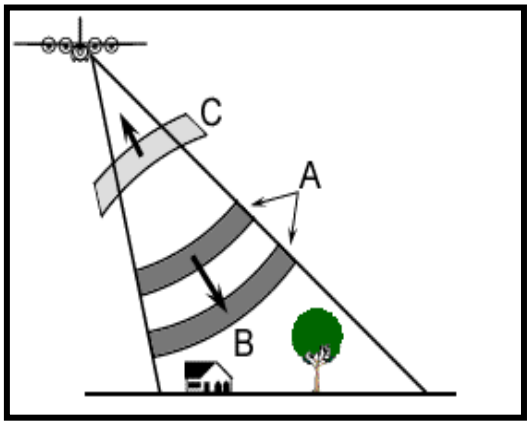


الشكل (2-19) المواسح الميكروية الفعالة

من أهم أنواع الصور المستخدمة في الاستشعار عن بعد الصور الرادارية، وكلمة RADAR مركبة من الأحرف الأولى **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging.

يعتمد الاستشعار الراداري على إرسال إشارة راديوية ويقوم بتسجيل ما ينعكس منها عن الأهداف المختلفة، في الاستشعار الراداري قوة الإشارة تعبر عن نوع الهدف وزمن التأخير يدل على بعد الهدف.

يقوم المرسل بإرسال نبضات (A) على فترات زمنية منتظمة يقوم الهوائي بتركيزها على شكل حزمة (B) تصل إلى الأهداف وتنعكس عنها (C) يقوم الرادار باستقبال الأشعة المنعكسة وبتحديد الزمن الذي استغرقته للوصول إلى الهدف والعودة يتم حساب بعد الهدف المدروس.



الشكل (2-20) مبدأ عمل الرادار

3

الأقمار الصناعية

The Satellites

من خلال الاهتمام المتزايد بمصادر الثروات الأرضية والبيئية، والحاجة إلى معطيات معلومات حديثة قامت الدول التالية بإطلاق توابع صنعية مختلفة لمراقبة الأرض:

1-الولايات المتحدة الأمريكية. 2- روسيا. 3- اليابان. 4- وكالة الفضاء الأوربية. 5- فرنسا. 6-الهند. 7- كندا. 8- الصين والبرازيل. 9- كوريا. 10- تشيلي. 11- البرازيل. 12- جنوب أفريقيا. 13- تايوان. 14-ماليزيا. 15- التابع الصنعي المشترك (تايوان، جنوب أفريقيا، كوريا الجنوبية، ايطاليا، اليابان). 16- المانيا. 17- الجزائر. 18- نيجيريا. 19- تركيا. 20- مصر.

1- الولايات المتحدة الأمريكية:

التابع الصنعي الأمريكي (TIROS):

ويتألف هذا البرنامج من عشرة توابع صنعية، بدأت في عام 1960 وما تزال حتى الآن، وكل تابع يحمل زوج من الكاميرات التلفزيونية ويدور في مدار قطبي على ارتفاع 840 كم ومتزامن مع الشمس، وفي عام 1978 أطلق TIROS-N ويحمل راديومتر متقدم ليلا نهاراً، ويعطي معلومات عن الهيدرولوجيا، وعلم المحيطات، ودرجات حرارة سطح البحر والجبال، والأرصاد الجوية.

التابع الصنعي الأمريكي NOAA:

وهو برنامج فضائي لدراسة أحوال الطقس ويتألف من عدة توابع صنعية أطلق NOAA-1 في 1970 وتدور بمدار قطبي متزامنة مع الشمس على ارتفاع 840 كم وتسجل المعطيات لنفس المنطقة مرتين في اليوم وقدرة التمييز 1كم وتحمل هذه التوابع أجهزة استشعار راديومترية من نوع Very High Resolution Radiometer (VHRR) وتحتوي على قناتين الأول في المجال الطيفي المرئي الأحمر 0.6-0.7 ميكرومتر والثانية في المجال الطيفي تحت الأحمر الحراري 10.5-12.5 ميكرومتر وتحمل توابع (NOAA) أيضاً راديومتر لا يلتقط صوراً وإنما يعطي رسماً بيانياً لتغير درجات الجو Vertical Temperature Profiling Radiometer (VTPR) وقد أطلق NOAA-8 في 1984 ثم NOAA – 9 في عام 1986 و NOAA -12 في 1991, NOAA-16 أطلق في 2000.

التابع الصنعي الأمريكي لاندسات LANDSAT:

وكان يسمى هذا التابع بـ Earth Resources Technology Satellite (ERTS) وقد أطلقت أمريكا:

- LANDSAT-1 في 1972.
- LANDSAT-2 في 1975.
- LANDSAT-3 في 1978.

ويدور بمدار قطبي متزامن مع الشمس على ارتفاع 920 كم والتغطية المتكررة كل 18 يوم ويحمل كل منهم جهازي مسح.

I. ماسح متعدد الأطياف Multispectral Scanner (MSS) ويسجل المعطيات ضمن أربع نطاقات طيفية وهي:

- النطاق /4/ 0.5-0.6 ميكرومتر ويستخدم في كشف تعكر المياه.
- النطاق /5/ 0.6-0.7 ميكرومتر ويستخدم في الطبوغرافيا والمسيلات المائية.

- النطاق /6/ 0.7–0.8 ميكرومتر ويستخدم في استعمالات الأراضي.

- النطاق /7/ 0.8–1.1 ميكرومتر ويستخدم للتفريق بين اليابسة والمياه.

وقدرة التمييز 79×56 م والتغطية الأرضية 185×185 كم.

II. جهاز الحزمة المرتدة (RBV) Return Beam Vidicon ويحوي ثلاث كاميرات في لاندسات1 و2 وقدرة التمييز 79×56 م وكاميرتين في لاندسات–3 وقدرة التمييز 4 م والتغطية الأرضية 185×185 كم وتسجل المعطيات ضمن ثلاث نطاقات طيفية وهي:

1. كاميرا حساسة للنطاق الطيفي 0.475–0.570 ميكرومتر.
2. كاميرا حساسة للنطاق الطيفي 0.58–0.68 ميكرومتر.
3. كاميرا حساسة للنطاق الطيفي 0.69–0.83 ميكرومتر.

لاندسات–4 أطلق من قبل NASA في 1982 ولاندسات–5 في 1984 على ارتفاع 705 كم والتغطية المتكررة كل 16 يوم ويحمل كل منهما جهازي مسح:

1. ماسح متعدد الأطياف MSS كما في لاندسات 1 و2 و3.
2. ماسح غرضي (TM) Thematic Mapper ويجمع هذا الماسح بيانات راديومترية إشعاعية في سبع نطاقات طيفية والتغطية الأرضية 185×170 كم. بقدرة تمييز 30 م.

لاندسات–7 أطلق في1999 ويحلق على ارتفاع 705 كم. ويحمل ماسحين:

1– ماسح يعمل في مجال البانكروماتيك بقدرة تمييز 15 م.

2– ماسح غرضي محسن بقدرة تمييز 30 م في مجال تحت الأحمر و60 م في مجال تحت الأحمر الحراري والتغطية الأرضية 185 كم.

مكوك الفضاء الأمريكي Space Shuttle:

يعتبر مكوك الفضاء الأمريكي Space Shuttle أحد أثمن التطورات في تكنولوجيا الفضاء حيث أن فائدته بالنسبة للاستشعار عن بعد تأتي كونه:

1. يمكن الاحتفاظ به سالماً لاستعماله في المستقبل.
2. دوره كمنصة فضائية لإطلاق التوابع الصنعية المختلفة أو إصلاحها.

وقد بدأ برنامج المكوك الفضائي في عام 1981 وهو يتألف من ثلاثة أجزاء :

1. زوج من الصواريخ ذات الوقود الدفعي الصلب.
2. خزان كبير للوقود الدفعي السائل ويتألف من الهيدروجين والأوكسجين السائلين.
3. جسم المركبة وهو بحجم طائرة DC-9 ويحتوي مخبر فضائي Spacelab ويبلغ الارتفاع الوسطي للمكوك 250 كم ويتسع (5-14) راكب ويمكن أن يبقى في الفضاء لفترة ما بين أسبوع – 30 يوم.

ويحمل مكوك الفضاء الأمريكي عدداً من أجهزة الاستشعار عن بعد والتي تعمل بأنظمة الرادار وفي مجال النطاق الطيفي المرئي وأنظمة المسح بأشعة تحت الحمراء الحرارية بالإضافة كاميرات عالية التصميم.

ونحصل على الصور فضائية بقدرة تمييز 10-20 م وهناك إمكانية الحصول منها على خرائط ذات مقياس 1/50.000 وتبلغ سرعة المكوك 27000 كم/سا ويدور يومياً 16 مرة حول الكرة الأرضية ولدى الولايات المتحدة الأمريكية أربعة مكوك فضاء وهي ديسكفري وأنديغور واتلانتيس وكولومبيا بعد أن انفجر مكوك الفضاء تشالينجر في 1986. وقد وضعت ألمانيا الماسح MOMS-02-D على متن المكوك في عام 1993 ونحصل على صور فضائية بقدرة تمييز 4.5 م في مجال البانكروماتيك و15 م من الماسح متعدد الأطياف MSS.

التابع الصنعي الأمريكي IKONOS-2:

أطلق IKONOS-2 في 1999 من قبل شركة Space Imaging ويحلق على ارتفاع 680 كم ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 82 سم في مجال البانكروماتيك و4 م في الماسح MSS وبتغطية أرضية 11 كم.

التابع الصنعي الأمريكي QUICK BIRD-2:

أطلق QUICK BIRD-2 في 2001 من قبل شركة Earth Watch ويحلق على ارتفاع 450 كم ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 61 سم في مجال البانكروماتيك و3.28 م في الماسح MSS وبتغطية أرضية 16.5 كم وشريط تصويري 16.5x 165 كم والتغطية المتكررة 3-7 أيام.

التابع الصنعي الأمريكي AQUA:

أطلق AQUA في 2002 على ارتفاع 705 كم وهو مشروع مشترك بين أمريكا واليابان والبرازيل ومخصص لجمع معلومات عن بخار الماء والغيوم في الغلاف الجوي والهطول المطري ورطوبة التربة والجبال الجليدية، ويحمل ست أجهزة أحدها سبيكترومتر وراديومتر تصويري ذو قدرة تمييز متوسطة 250 متر.

التابع الصنعي الأمريكي WorldView-2:

أطلق في عام 2008 ويحلق على ارتفاع 770 كم ومتزامن مع الشمس ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 46 سم في مجال البانكروماتيك و1.8 م في مجال MSS.

وبتغطية أرضية 16.4 كم وبتغطية متكررة 1.1 يوم.

2- روسيـا RUSSIA:

التابع الصنعي الروسي COSMOS:

أطلق COSMOS-1 في 1962 على ارتفاع 220 كم ثم اتبعه سلسلة من التوابع مخصصة لمراقبة الأرض ويحمل عدة أنواع من الكاميرات مثل TK -350 بقدرة 5-10 م والتغطية الأرضية 175×257 كم والكاميرا KVR-1000 بقدرة تمييز 2-3 م في مجال البانكروماتيك والتغطية الأرضية 34×57 كم.

التابع الصنعي الروسي METEOR:

وهي سلسلة من التوابع الصنعية مخصصة للأرصاد الجوية. أطلق Meteor-1 في 1980 على ارتفاع 635 كم ويدور بمدار قطبي ويحمل ثلاث كاميرات MSU-SK و MSU-5 و Telemeter.

المحطة الفضائية الروسية MIR:

وهي محطة فضائية متطورة أطلقت في عام 1986 على ارتفاع 360 كم وتحمل عدة كاميرات مثل MKF-6M تعمل ضمن 6 مجالات طيفية ما بين المرئي وتحت الحمراء بقدرة تمييز 20×20 م وتغطية أرضية 140×200 كم والكاميرا KATE-140 تعمل في مجال البانكروماتيك بقدرة تمييز 60×60 م والتغطية الأرضية 335×335 كم والكاميرا KVA-1000 في مجال البانكروماتيك بقدرة تمييز 7 م و10 م في الماسح MSS والكاميرا KVR-1000 بقدرة تمييز 2 م في مجال البانكروماتيك وضعت في المحطة في عام 1992.

ووضعت ألمانيا الماسح MOMS-02-P على متن المحطة MIR في عام 1996 ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 6 م في مجال البانكروماتيك و18 م في الماسح MSS.

وقد التحمت بها المركبة سويوز- ت.م-3 بتاريخ 23-30 تموز 1987 وكان على متنها الرحلة الفضائية السورية السوفيتية المشتركة.

وقد انتهى عمل هذه المحطة في أوائل أيلول 1999.

3- اليابان JAPAN:

التابع الصنعي Geostationary Meteorological Satellites (GMS):

وهي سلسلة توابع صنعية يابانية مخصصة للأرصاد الجوية، وقد أطلق:

1) GMS1 في 1977.
2) GMS2 في 1981.
3) GMS3 في 1984.
4) GMS4 في 1989.
5) GMS5 في 1995.

على ارتفاع 35.800 كم ويحمل راديومتر بقدرة تمييز 1025 كم في المجال المرئي و5 كم في المجال تحت الأحمر ولتصوير في الليل والنهار وكل 30 دقيقة.

التابع الصنعي Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM):

لقد أطلق TRMM من قبل NASDA, NASA في 1997 على ارتفاع 380 كم. وهو مخصص لمراقبة ونقل المعطيات حول كثافة وتوزع الهطول المطري في المنطقة المدارية.

4- وكالة الفضاء الأوربية EUPOPEAN SPACE AGENCY (ESA):

التابع الصنعي METEOSAT:

أطلق ميتوسات-1 في 1977 وميتوسات-2 في 1981 وميتوسات-3 في 1988 وميتوسات-4 في 1989 وميتوسات-5 في 1991 ومتيوسات-6 في 1993 ومتيوسات-7 في 1997 على ارتفاع 35.800 كم بقدرة تمييز 2.5 كم في المجال المرئي و5 كم في المجال تحت الأحمر ويعطي صورة كل نصف ساعة وهو مخصص للأرصاد الجوية وقد أطلق متيوسات-8 في 2002.

التابع الصنعي الراداري الأوربي (ERS) European Remote Sensing:

أطلق ERS-1 في 1991 وERS-2 في 1995 على ارتفاع 785 كم ويحمل رادار SAR يعمل ضمن المجال C ويعطي صوراً فضائية رادارية بقدرة تمييز 25-30 م وتغطية أرضية 100 كم.

التابع الصنعي الأوربي ENVISAT:

أطلق Envisat في عام 2001 على ارتفاع 800 كم، ويحمل رادار SAR ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 30 م وتغطية أرضية 100 كم.

5- فرنسا FRANCE:

التابع الصنعي الفرنسي Helios 1A:

أطلق Helios1A في 1995 وHelios1B في 1999 ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 1 م.

التابع الصنعي الفرنسي سبوت (SPOT) Systeme Probatoire d Observation de la Terre:

أطلق SPOT-1 في 1986 بواسطة الصاروخ آريان وSPOT-2 في 1990 وSPOT-3 في 1993 على ارتفاع 832 كم ويدور بمدار قطبي ومتزامن مع الشمس ويحمل جهازي استشعار:

I. الماسح الأول High Resolution Visible (HRVI):

تمييز مرئي عالي ويغطي النطاقات الطيفية الثلاثة التالية:

(1) النطاق-1 0.500 – 0.590 ميكرون.

(2) النطاق-2 0.610 – 0.790 ميكرون.

(3) النطاق-3 0.790 – 0.900 ميكرون.

- التغطية الأرضية 60×60 كم.
- قدرة تمييز 20×20 م.
- كل صورة تحوي 3000×3000 عنصر صورة Pixel.

II. الماسح الثاني High Resolution Visible (HRV2):

تمييز مرئي عالي ويغطي نطاق واحد لكامل الألوان 0.51–0.73 ميكرومتر بانكروماتيك.

- التغطية الأرضية 60×60 كم.
- قدرة التمييز 10×10 م.
- التغطية المتكررة كل 26 يوم.
- كل صورة تحوي 6000×6000 عنصر صورة Pixel.

وقد أطلق SPOT-4 في 1998 وهو يشبه SPOT 1,2,3 ولكن أضيف نطاق طيفي تحت الأحمر للغطاء النباتي.

وأطلق SPOT –5A في 2002 ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 2.5 م في مجال البانكروماتيك و10 م في الماسح MSS والتغطية الأرضية 60 كم. بالإضافة إلى جهاز تصوير مجسم عالي التمييز خاص بالخرائط الرقمية والارتفاعات. وكذلك جهاز تصوير خاص بالغطاء النباتي على المستوى العالمي بقدرة تمييز1 كم وبتغطية يومية.

التابع الصنعي TOPEX/POSEDON:

أطلق التابع Topex/Poseidon في 1992 بالتعاون بين فرنسا وأمريكا لدراسة تيارات المحيطات.

6- الهـند INDIA:

التابع الصنعي (INSAT) Indian National Satellites:

أطلق INSAT-1A في 1980 وINSAT-1B في 1983 وINSAT-1C في 1986 وINSAT-1D في 1990 وINSAT-2A في 1992 وINSA-2B في 1993 وINSAT-2C في 1995 وINSAT-2D في 1997 وهو مخصص للاتصالات والبث التلفزيوني والأرصاد الجوية ويحمل راديومتر (VHRR) Very High Resolution Radiometer ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 2 كم في المجال المرئي و8 كم في المجال تحت الأحمر.

التابع الصنعي الهندي Indian Remote Sensing Satellites:

أطلق IRS-1A في 1988 وIRS-1B في 1991على ارتفاع 904 كم ويدور بمدار قطبي متزامن مع الشمس ويحمل ماسحين:

1-الماسح الأول (LISS-1) Linear Imaging Self Scanning:

ويعمل ضمن أربعة نطاقات طيفية وهو ذات قدرة تمييز 72.5 م والتغطية الأرضية 148 كم .

2- الماسح الثاني (LISS-2) Linear Imaging Self Scanning:

وهو ذات قدرة تمييز 36.25 م والتغطية الأرضية 145 كم والتغطية المتكررة كل 22 يوم ثم أطلق IRS-1C في 1995 وIRS-1D في 1997 على ارتفاع 817 كم ويحمل ثلاثة مواسح الأول يعمل في مجال البانكروماتيك بقدرة تمييز 5.8 م والتغطية الأرضية 70 كم والثاني LISS-3 يعمل ضمن أربع نطاقات طيفية ثلاثة منهم في المجال المرئي وتحت الأحمر VNIR بقدرة تمييز 23.5 م وتغطية أرضية 141 كم والنطاق الرابع في مجال تحت الأحمر المتوسط (SWIR) بقدرة تمييز 70.5 م وتغطية أرضية 148 كم والثالث (WIFS) Wide Field Sensor بقدرة تمييز 88.3 م وتغطية أرضية 810 كم والتغطية المتكررة ما بين 5-24 يوم.

وقد أطلق IRS-1C في 1995 وIRS-1D في 1997. ويعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 5.8 م في مجال البانكروماتيك.

التابع الصنعي الهندي IRS-P4 or OCEANSAT-1:

أطلق Oceansat-1 في 1999 على ارتفاع 702 كم ومتزامن مع الشمس لمراقبة المحيطات.

التابع الصنعي الهندي Technology Experiment Satellite (TES):

أطلق TES في 2001 على ارتفاع 570 كم ويحمل كاميرا تعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 1 م مع عدة صور لنفس المنطقة وبزوايا مختلفة.

التابع الصنعي الهندي IRS-P6 or Resourcesat-1:

أطلقResourcesat-1 في 2003 على ارتفاع 821 كم ومتزامن مع الشمس ويحمل ثلاث كاميرات: أحدها يعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 5.8 م.

17- الجزائر Algeria:

أطلق Alsat-1 في 2002 على ارتفاع 686 كم ومتزامن مع الشمس. ويحمل ماسح متعدد الأطياف يعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 32 م وبتغطية أرضية 600 كم. وهو تابع صنعي صغير ويزن 100 كغ.

18- نيجريا Nigeria:

أطلق Nigeriasat-1 في 2003 على ارتفاع 686 كم ومتزامن مع الشمس ويحمل ماسح متعدد الأطياف يعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 32 م وبتغطية أرضية 600 كم.

19- تركيا Turkey:

أطلق BiLSAT-1 في 2003 على ارتفاع 686 كم ومتزامن مع الشمس ويحمل كاميرا تعمل في مجال البانروماتيك وتعطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 12 م وبتغطية أرضية 24 كم وماسح متعدد الأطياف يغطي صوراً فضائية بقدرة تمييز 26 م وبتغطية أرضية 52 كم.

20- مصر:

التابع الصنعي Egyptsat-1

تم إطلاقه عام 2007 من قاعدة في كازاخستان بالتعاون مع أوكرانيا. ويحمل التابع جهازي مسح أحدهما يعمل بالأشعة تحت الحمراء والثاني متعدد الأطياف، وتم اطلاق Egyptsat-2 في 2014.

أقمار صناعية أُطلقت مؤخراً:

سنستعرض بعض الأقمار الصناعية التي أُطلقت مؤخراً:

☒ – **لاندسات–8 (LandSat–8):**

يُعد لاندسات–8 أحدث أقمار سلسلة لاندسات، وتم إطلاقه في 11 شباط 2013، وهو يمسح الأرض كاملة كل 16 يوم، وتسمح هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS بالتحميل المجاني لصوره بعد 24 ساعة وذلك من الرابط:

http://landsatlook.usgs.gov/

أو من الرابط:

http://earthexplorer.usgs.gov/

كما تم إضافة مستشعرات جديدة في لاندسات–8 منهم مصور الأرض الفعال Operational Land Imager (اختصاراً OLI) ومستشعر الاشعة تحت الحمراء الحرارية Thermal Infrared Sensor (اختصاراً TIRS).

☒ – **سبوت–7 (SPOT–7):**

تم إطلاق القمر سبوت–7 في 30 حزيران عام 2014 ليبعد 180 درجة في نفس المدار مع القمر سبوت–6 (الذي تم إطلاقه في 2012) ليغطيان معاً منطقة تبلغ ستة ملايين كيلومتر مربعاً في اليوم بحيث تكون الدقة الزمنية يوم واحد. وتبلغ الدقة المكانية لكلاهما 1.5 متر للنطاق البانكروماتي (مناسبة لإنتاج الخرائط بمقياس رسم 1:25000) و6 أمتار للنطاقات الأربعة المتعددة (الأزرق والأخضر والأحمر وتحت الحمراء القريبة)، ويبلغ عرض المسار 60 كيلومتر.

☒ – أقمار WorldView:

يُعد WorldView–3 القمر الثالث من السلسلة من الأقمار الصناعية التجارية من شركة Digital Globe (وأُطلق في 13 آب 2014) من أحدث الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد وأفضلها من حيث الدقة المكانية. وتصل الدقة المكانية لهذا القمر إلى 0.31 متر للنطاق البانكروماتي و1.24 متر للنطاقات المتعددة و3.7 متر لنطاق الاشعة تحت الحمراء القصيرة. ويتميز هذا القمر بالإضافة للمستشعر البانكروماتي (0.45–0.80 ميكرومتر) والمستشعر متعدد النطاقات VNIR (وعددهم 8 للنطاقات 0.40–1.04 ميكرومتر) باستشعار الاشعة تحت الحمراء القصيرة SWIR في 8 نطاقات (1.195–2.365 ميكرومتر) ومستشعر من نوع CAVIS يتحسس الضباب والسحب ومحتوى بخار الماء وعدة مركبات مناخية أخرى في 12 نطاق (0.405–2.245 ميكرومتر). كما يتميز WorldView–3 بدقة زمنية بأقل من يوم ويمكنه جمع بيانات لمساحة 680 الف كيلومتر مربع يومياً، وبدقة راديومترية 11 بت للنطاق البانكروماتي و14 بت للنطاقات المتعددة.

☒ – أقمار SkySat:

سلسلة أخرى من الأقمار التجارية المخصصة للاستشعار عن بعد المملوكة لشركة SkySat Imaging والتي أطلقت أول أقمارها في 2013 ثم القمر الثاني SkySat–2 في 8 حزيران 2014 على ارتفاع 450 كيلومتر من سطح الأرض. وبالإضافة للصور فيقدم هذا القمر أيضاً لقطات فيديو بالأبيض والاسود بجودة 30 لقطة/ثانية لمدة تصل إلى 90 ثانية. أما الدقة المكانية للنطاق البانكروماتي فتبلغ 1.1 متر وللنطاق المتعدد تبلغ 2.0 متر، ويبلغ عرض المسار 2 و8 كيلومترات على الترتيب.

يقدم الجدول التالي بعض خصائص عدة أقمار صناعية للاستشعار عن بعد:

القمر	الاطلاق	الدقة المكانية (م)		عدد النطاقات	طول الصورة (كم)	ارتفاع القمر (كم)	الدقة الزمنية (يوم)
		بانكروماتية	متعدد الاطياف				
Worldview-3	2014	0.13	1.24	29	13.1	617	1
GeoEye-1	2008	0.41	1.65	4	15.2	770	8.3
WorldView-2	2009	0.46	1.84	13	17.6	770	1.1
Pleiades-1B	2012	0.5	2.0	5	20	694	1
QuickBird	2001	0.65	2.6	5	16.8	450	3.5
IKONOS	1999	0.82	3.2	5	11.3	681	3
EgyptSat-2	2014	1.0	4.0	4	46.6	720	
SkySat-2	2014	1.1	2.0	5	8	450	1
SPOT-7	2014	1.5	6.0	5	60	694	1
SPOT-6	2012	1.5	6.0	5	60	694	1
RapidEye	2008	5.0	10.0	5	77	630	5.5
ASTER	1999	15	30	14	60	705	16
LandSat-8	2013	15	30	11	185	705	16
LandSat-7 ETM	1999	15	30	8	185	705	16

جداول ملحقة:

خصائص صور قمر الطقس NOAA AVHRR

النطاق	طول الموجة (ميكرومتر)	الدقة المكانية (كم)	الاستخدام
1	0.68-0.58	1.1	السحب، الغيوم، الثلوج
2	1.1-0.725 الاشعة تحت الحمراء القصيرة	1.1	المياه، النباتات، المسح الزراعي
3	3.93-3.55 الاشعة تحت الحمراء المتوسطة	1.1	حرارة سطح البحر، البراكين، حرائق الغابات
4	11.3-10.3 الاشعة تحت الحمراء الحرارية	1.1	حرارة سطح البحر، رطوبة التربة
5	12.5-11.5 الاشعة تحت الحمراء الحرارية	1.1	حرارة سطح البحر، رطوبة التربة

نطاقات المستشعر TM في أقمار LandSat

القناة	طول الموجه(ميكرومتر)	الاستخدام
TM 1	0.45 – 0.52 أزرق	التمييز بين التربة والنبات، رسم خطوط الشواطئ، تحديد الأهداف العمرانية
TM 2	0.52 – 0.60 أخضر	خرائط النبات الأخضر (قمة الانعكاس)، تحديد الأهداف العمرانية
TM 3	0.63 – 0.69 أحمر	التمييز بين النباتات وغير النباتات، رطوبة التربة
TM 4	0.76 – 0.90 تحت حمراء قريبة	تحديد أنواع وصحة ومحتوى النباتات، رطوبة التربة
TM 5	1.55 – 1.75 تحت حمراء قصيرة	رطوبة التربة ورطوبة النبات، التمييز بين المناطق المغطاة بالسحب والمغطاة بالثلج
TM 6	10.4 – 12.5 تحت حمراء حرارية	رطوبة التربة وعمل الخرائط الحرارية
TM 7	2.08 – 2.35 تحت حمراء قصيرة	التمييز بين أنواع الصخور والمعادن، محتوى الرطوبة في التربة

نطاقات المستشعر HRV في أقمار SPOT

النطاق/الطريقة	طول الموجه(ميكرومتر)
الطريقة البانكرومترية PLA	0.51-0.73 (أزرق- أخضر- أحمر)
الطريقة متعددة النطاقات MLA	
Band 1	0.50-0.59 (أخضر)
Band 2	0.61-0.68 (أحمر)
Band 3	0.79-0.89 (تحت الحمراء القريبة)

خصائص مستشعرات أقمار IRS الهندية

المستشعر	طول الموجة (ميكرومتر)	الدقة المكانية (م)	عرض المسار (كم)	التكرارية (يوم) عند خط الاستواء
بانكروماتكPAN	0.5- 0.75	5.8	70	24
LISS-III				
الأخضر	0.52- 0.59	23	142	24
الأحمر	0.62- 0.68	23	142	24
تحت الحمراء القريبة	0.77- 0.86	23	142	24
تحت الحمراء القصيرة	1.55- 1.70	70	148	24
WiFS				
الأحمر	0.62- 0.68	188	774	5
تحت الحمراء القريبة	0.77- 0.86	188	774	5

4

خصائص الصور الفضائية والجوية

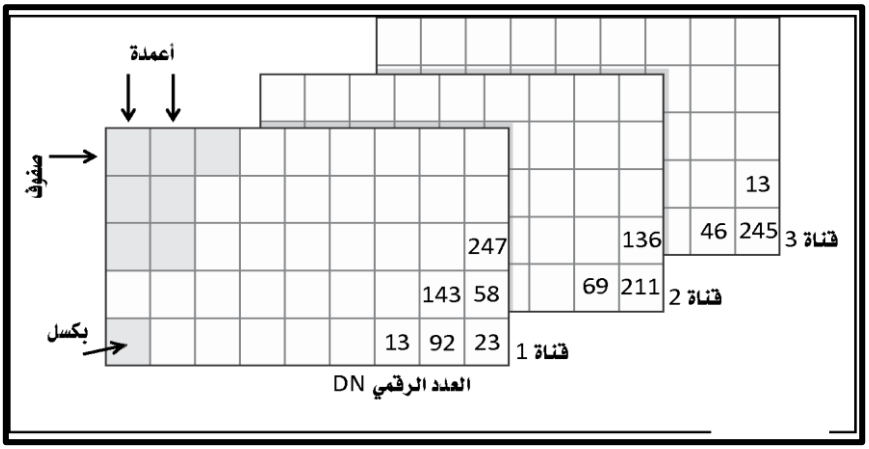
Characteristics of Satellite Images and Aerial Photo

إن المهتمين بعرض وتحليل بيانات الاستشعار عن بعد يسعون إلى المشاركة بشكل فعال في إظهار بياناتهم بطريقة علمية، تعتمد على تحليل ومعالجة وإخراج تلك البيانات اعتماداً على المرئيات التي يتم التقاطها بواسطة الأقمار الصناعية أو الطائرات، ولذلك من المهم معرفة بعض المفاهيم الأساسية المرتبطة بخصائص الصور الرقمية والفرق بين الصور الفضائية والصور التي يتم التقاطها بواسطة الأفلام الفوتوغرافية.

هناك طريقتان مختلفتان لتمثيل وعرض بيانات الصور الجوية وصور الاستشعار عن بعد، إما بشكل رقمي (Digital) أو خطي (Analog) بغض النظر عن الأطوال الموجية أو جهاز الاستشعار عن بعد المستخدمان لكشف وتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية.

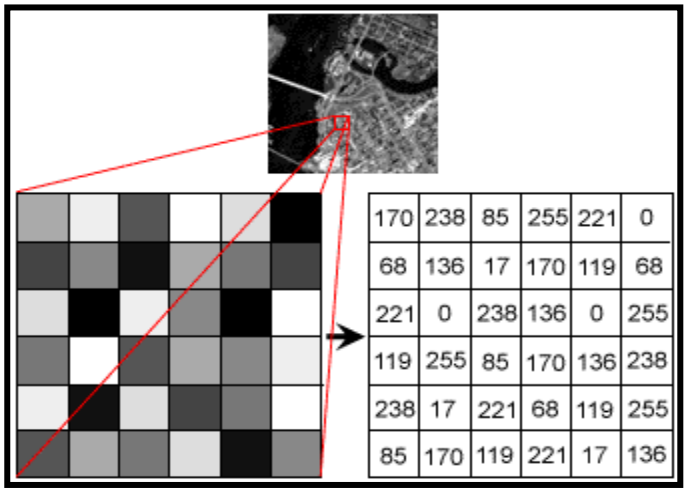
إن الصورة الرقمية عبارة عن تمثيل تصويري على هيئة صورة يتم عرضها بشكل رقمي كمصفوفة (x,y)، تتكون من عدد من الصفوف x بدءاً من يسار الصورة إلى يمينها، وعدد من الأعمدة y بدءاً من أعلى الصورة إلى أسفلها، وبناءً على ذلك يتم تقسيم الصورة إلى مربعات صغيرة متساوية المساحة تسمى عناصر الصورة (Picture Elements)، وكل عنصر يسمى بكسل (Pixel) ويعتبر أصغر وحدة في الصورة، ويمثل كل بكسل درجة السطوع النسبي لظاهرة معينة، شكل (4-1)، ويظهر بألوان رمادية تتراوح بين الأسود وقيمته (0) واللون الأبيض وقيمته تعتبر أعلى قيمة في مقياس تدرج اللون الرمادي بحسب

نوعية الصورة شكل (4-2)، ويحتوي كل بكسل على عدد صحيح موجب يسمى العدد الرقمي (Digital Number) يمثل انعكاس الطاقة الكهرومغناطيسية التي انعكست من الجسم وقام المجس بتسجيلها.



الشكل (4-1) مكونات الصورة الرقمية

وتحتوي الصورة الجوية أو الصور الفضائية على قناة واحدة (Channel) أو عدة قنوات، يتم جمعها من نطاقات طيفية متعددة وكل نطاق طيفي يحتوي على طول موجي يتم خزنه في قناة من تلك القنوات شكل (4-1)، وتسمى القناة احياناً حزمة (Band)، وبالإمكان ضم كل القنوات داخل الصورة وعرض المعلومات رقمياً باستخدام النطاقات الطيفية للألوان الثلاثة الاساسية (الأزرق والأخضر والأحمر)، أو النطاقات الطيفية للأشعة تحت الحمراء أو الاشعة الحرارية، وذلك بدمج ثلاث قنوات مختلفة في طولها الموجي لإبراز المظاهر الطبيعية التي لا تستطيع العين المجردة رؤيتها اعتماداً على القيمة الرقمية لكل بكسل في كل قناة شكل (4-2).



الشكل (4-2) مقطع لمرئية فضائية تمثل الاعداد الرقمية لكل بكسل

أما الصورة الفوتوغرافية فهي عبارة عن مرئية يتم التقاطها وتسجيلها إما باستخدام الفيلم الفوتوغرافي وإخراجها بشكل مطبوع (Hard Copy)، ويمكن تحويلها إلى صورة رقمية باستخدام الماسحة الضوئية (Scanner) وعرضها بشكل رقمي، وكل بكسل عبارة عن عدد رقمي يمثل انعكاس الإشعاع الكهرومغناطيسي من الأجسام أما الصور الفضائية فيمكن الحصول عليها بشكل رقمي (Digital) أو بشكل نسخة مطبوعة (Hard-Copy) مثل الصور الجوية.

خصائص صور الاستشعار عن بعد :

تعد صور الاستشعار عن بعد أكثر من مجرد صورة فهي عبارة عن قياسات متنوعة للطاقة الكهرومغناطيسية يتم خزنها على هيئة بيانات رقمية، وتتميز الصورة الفضائية الرقمية بسهولة معالجتها بواسطة الحاسبات الآلية، كما يمكن خزنها واسترجاعها بدون فقدان محتواها أو نوعيتها، إضافة إلى أمكانية إجراء المعالجة الرقمية لتحسين المرئية بحيث تكون أكثر قابلية للتفسير.

تؤثر المسافة بين المستشعرات الموجودة على الأقمار الصناعية والأهداف على سطح الأرض في دقة البيانات على المرئية ووضوحها والمنطقة التي تغطيها، فبعض المستشعرات تنتج صور فضائية تغطي مناطق واسعة ولكنها لا تزودنا بتفاصيل كبيرة ويرجع ذلك إلى كبر مساحة البكسل بحيث لا تظهر الأجسام الصغيرة على هذه الصور، ولذلك يوجد هناك اختلاف وتباين واضح بين صور المستشعرات الفضائية، فبعض المستشعرات تزودنا بصور شديدة الوضوح وأخرى متوسطة الوضوح وأقمار أخرى لا تظهر صورها تفاصيل واضحة للأجسام الموجودة على سطح الأرض، إضافة إلى اختلاف الأطياف وتعدد القنوات الطيفية التي يسجلها كل مستشعر.

وبما أن نظم الاستشعار عن بعد تستخدم للحصول على بيانات عن موارد الأرض بهدف إعداد النمذجة المكانية والزمنية، واستخدامها في كثير من المشاريع والتطبيقات المختلفة، فإن هذه البيانات يمكن فصلها طيفياً ومكانياً

بحيث يمكن تعيين السمات الهامة لمختلف المظاهر الطبيعية والبشرية على سطح الأرض، ومن أجل جمع البيانات المطلوبة لا بد من الإلمام بخصائص دقة الصور الفضائية التي تنتجها المستشعرات

المستخدمة في نظم الاستشعار عن بعد بشكل كامل من قبل المستخدم لهذه البيانات، وبشكل عام، تنقسم الخصائص العامة لصور الاستشعار عن بعد إلى أربعة خصائص رئيسية هي الدقة المكانية، والدقة الطيفية، والدقة الزمنية، والدقة الراديومترية.

1- الدقة المكانية Spatial Resolution:

يمكنك المقارنة ما بين ما يراه رائد الفضاء من داخل مكوك الفضاء وما تراه أنت من داخل الطائرة، فرائد الفضاء يمكنه رؤية دولة بأكملها في منظر واحد لكنة لا يمكنه التمييز بين المباني المختلفة، بينما من بداخل الطائرة عند الطيران فوق مدينة يمكنه تمييز المباني والسيارات بوضوح لكن لا يمكنه رؤية منطقة كبيرة مثل رائد الفضاء. وهذا الفرق موجود أيضاً ما بين الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية.

تلعب المسافة بين مستشعرات الأقمار الصناعية والهدف المراد تصويره على سطح الأرض دوراً كبيراً في تحديد تفاصيل المعلومات التي يحتويها هذا الهدف ومجمل المساحة الكلية التي يغطيها المستشعر وقد استخدمت أربعة معايير منفصلة لتحديد الدقة المكانية للصورة الفضائية هي الخصائص الهندسية لنظام التصوير في المستشعر، والقدرة على التمييز بين الأهداف، وتلعب المسافة بين المستشعر والهدف دوراً كبيراً في هذا الجانب، والقدرة على قياس الأهداف التي تظهر بشكل متكرر والقدرة على قياس الخصائص الطيفية للأهداف الصغيرة.

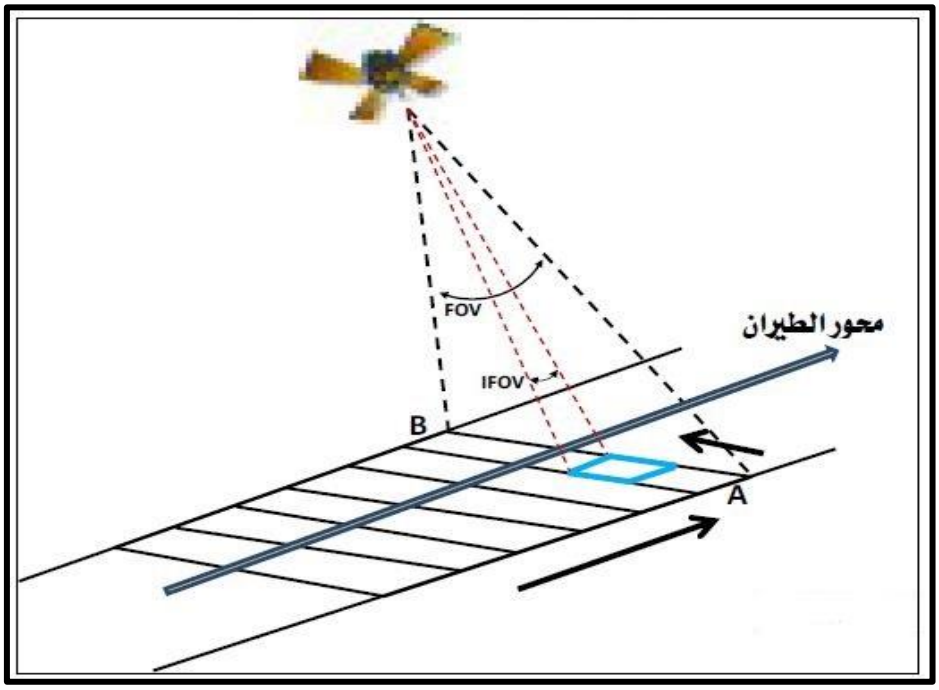
غالباً يتم التعبير عن الدقة المكانية للصورة الفضائية بأنها حجم المساحة المغطاة على الأرض والممثلة داخل البكسل الواحد، وتمثل الدقة المكانية الحد الأدنى للفصل بين هدفين يمكن تمييزهما في الصورة الفضائية، ولذلك من المهم أن نفرق بين حجم البكسل والدقة المكانية، فإذا كانت الدقة المكانية للمستشعر تبلغ (10m)، والصورة الفضائية يتم عرضها بدقة كاملة، فإن كل بكسل يمثل مساحة على الأرض قدرها (10m×10m)، وفي هذه الحالة فإن حجم البكسل والدقة المكانية متساويتان، لكن من الممكن أن نُظهر صورة باستخدام حجم بكسل مختلف عن دقتها المكانية، فمثلاً في حالة عرض ملصقات (بوستر) لصور سطح الأرض فنستخدم حجم خلية يمثل مساحة كبيرة (أكبر من الدقة المكانية الأصلية لهذه الصورة).

وبناءً على ذلك فإن الدقة المكانية للمستشعر تشير إلى قدرة المستشعر على إنتاج صور فضائية قادرة على إظهار حجم الظواهر الصغيرة على سطح الأرض وتمييزها عن بقية الظواهر الكبيرة المحيطة بها،

فعلى سبيل المثال، يعتبر موقف السيارات ظاهرة كبيرة الحجم يمكن تمييزها بسهولة داخل الصورة الفضائية، ولكن يتوقف تمييز كل سيارة داخل نفس الموقف على الدقة المكانية للصورة.

إن الدقة المكانية تقاس بالمتر وأجزاء المتر، ويعتمد حجم الدقة المكانية للمستشعرات على مجال الرؤية الفوري IFOV (Instantaneous Field of View) الذي يعد المقياس الأكثر استخداماً في تحديد الدقة المكانية تبعاً للخصائص الهندسية لنظام التصوير الذي يعمل به المستشعر، ويعرف بأنه "منطقة ما من الأرض يتم رؤيتها بواسطة المستشعر الذي يقع على ارتفاع معين وفي لحظة معينة من الزمن".

يتم حساب حجم المنطقة المنظورة كحاصل ضرب (IFOV) مع المسافة بين الأرض والمستشعر، علماً بأنه لا يوجد قمر صناعي له مدار مستقر تماماً ففي أحيان كثيرة قد يختلف ارتفاع القمر الصناعي بضعة كيلومترات أثنا، سيره في مداره، الشكل (4-3).



الشكل (4-3) مجال الرؤية الفوري (IFOV)

كما أن مساحة المنطقة التي يغطيها مجال الرؤية الفوري تصغر عندما يدور المستشعر في مدرات منخفضة الارتفاع، ويزداد حجم المساحة في المدرات ذات الارتفاعات العالية.

لقد تم تصميم المستشعرات الموجودة على الأقمار العسكرية لتسجيل أكبر قدر ممكن من المظاهر وبذلك تكون دقتها المكانية عالية جداً، في حين أن الأقمار الصناعية التجارية تزودنا بصور تتفاوت في دقتها المكانية، وبشكل عام كلما كانت الدقة المكانية مرتفعة كلما قلت المسافة التي تغطيها الصورة، مع العلم بأنه كلما كانت الدقة المكانية للصورة الفضائية عالية، كلما زادت السعة المطلوبة لحفظ الصورة على الحاسب الآلي.

ويشار إلى الصورة الفضائية بانها منخفضة الوضوح عندما تسجل المظاهر الكبيرة فقط ولا تستطيع تسجيل المظاهر الصغيرة، وتسمى عالية الوضوح عندما تسجل تفاصيل كثيرة متنوعة لمظاهر سطح الارض بما فيها الاجسام الصغيرة.

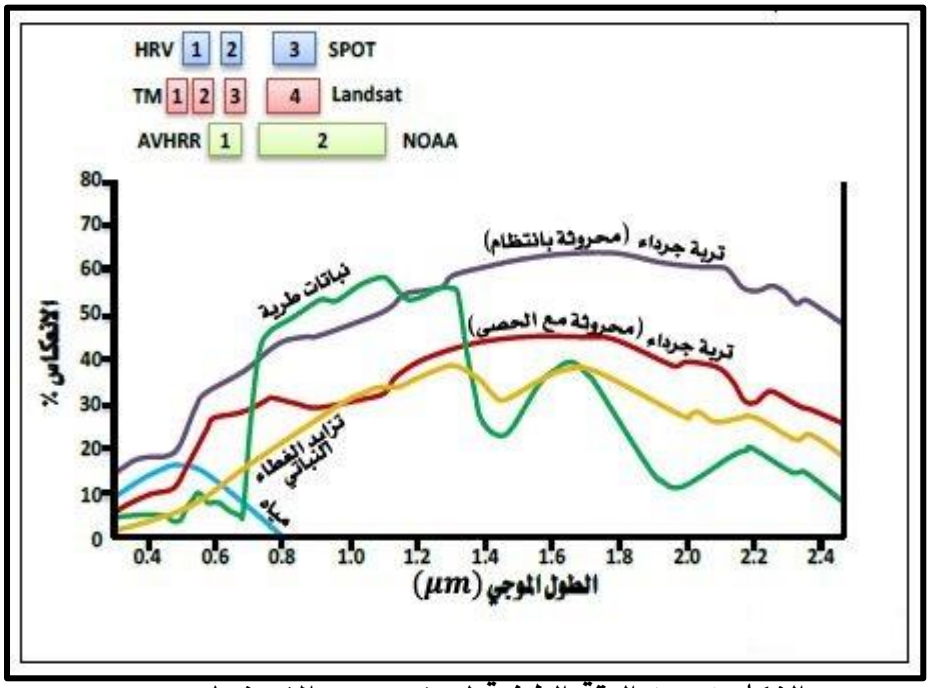
2- الدقة الطيفية Spectral Resolution:

الخاصية الثانية الهامة التي تحدد دقة الصورة الفضائية هي الدقة الطيفية، فصور الاستشعار عن بعد النشطة مثل (ERS) و(JERS) و(RADARSAT) و(ENVI) يتم تسجيلها عادة بنطاق طيفي واحد، ولذلك تظهر بتدرج اللون الرمادي، ولكن معظم مستشعرات الاستشعار عن بعد التي تعمل في النطاقين المرئي والأشعة تحت الحمراء عبارة عن مرئية تحتوي على عدة قنوات طيفية للمنظر الواحد، ويتم تسجيل كل قناة بشكل منفصل تبعاً لطولها الموجي.

إن اختلاف الطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة من الأجسام على الأرض يعني اختلاف الأطوال الموجية التي تبعثها تلك الأجسام، ويمكن تمييز تلك الأطوال الموجية بواسطة مقارنتها وتصنيفها بسهولة، ولذلك فإن مصطلح الدقة الطيفية يشير إلى عدد وحجم القنوات الطيفية التي يستطيع المستشعر أن يسجلها، وهذا يحدد الإمكانية التي تحقق أعلى درجة في القدرة على التمييز بين الظواهر الموجودة على سطح الأرض مثل أنواع النباتات والمحاصيل والصخور التي تظهر بانعكاسات طيفية متعددة في صور المستشعرات المتعددة الأطياف، وفائقة الأطياف أكثر من الصورة ذات القناة الطيفية الواحدة.

فعلى سبيل المثال، تحتوي الغابات على الكثير من الاشجار المتعددة والمتنوعة والتي لا يمكن تمييزها بسهولة وتختلف نسبة اخضرارها باختلاف نسبة الكلوروفيل فيها، لان لكل لون انعكاسه الطيفي الخاص به الامر الذي يوجب استخدام نطاقات طيفية دقيقة حتى يتم التمييز بين كل شجرة واخرى بسهولة، ولذلك كلما تم تقسيم الطيف الكهرومغناطيسي إلى نطاقات ضيقة ومتعددة، فان الطول الموجي في الصورة يصبح أضيق، وبالتالي يسهل التمييز بين الظواهر المختلفة، الشكل (4-4)، كما ان ازدياد عدد النطاقات يعني ضيق المنطقة التي يغطيها النطاق من الطيف الكهرومغناطيسي مما يساعد على زيادة التمييز بين مختلف المظاهر، ويعمل على الاقتراب من شكل البصمة الطيفية التي يرصدها المستشعر لكل ظاهرة.

وبسبب الاسعار المرتفعة للصور الفضائية عالية الدقة الطيفية التي تحتوي على عدد كبير من النطاقات الطيفية، فان على المستخدم ان يحدد الهدف من المشروع الذي يقوم بعمله عند شراءه للصور الفضائية بحيث يكون اختياره لنوعية الصورة موفقاً لكي يحقق الهدف النهائي للمشروع.



الشكل (4-4) الدقة الطيفية لبعض صور الاستشعار عن بعد

3- الدقة الراديومترية (الإشعاعية) Radiometric Resolution:

بينما ترتيب البكسل أو الخلايا يصف تكوين الصورة ذاتها، فأن الخصائص الراديومترية هي التي تصف المعلومات الحقيقية لمحتوي الصورة الفضائية. في كل مرة يتم الحصول على صورة (سواءً على فيلم أو باستخدام مستشعر) فأن حساسيتها لكمية الطاقة الكهرومغناطيسية هي التي تحدد الدقة الراديومترية Radiometric Resolution. فالدقة الراديومترية لصورة يصف قدرتها على التمييز بين الفروقات البسيطة جداً من الطاقة، فكلما زادت الدقة الراديومترية لمستشعر كلما زادت حساسيته لاكتشاف الفروق في الطاقة المنعكسة أو المنبعثة.

تعد الدقة الراديومترية مقياساً لحساسية المستشعر لكشف الاختلافات التي تحدث في قوة الاشارة الكهرومغناطيسية اثناء تسجيلها للأشعة المنعكسة من سطح الارض. ويُعبر عن الدقة الراديومترية بعدد البتات المستخدمة لتسجيل بيانات كل خلية، والبت هو وحدة قياس البيانات الرقمية وهو الاس للرقم 2 . فعلى سبيل المثال فان كان الدقة الراديومترية لمستشعر 8 بت في تسجيل البيانات، فهذا يدل ان المستشعر يسجل البيانات في (2^8=256) قيمة رقمية متاحة وستتراوح بين الصفر و255. وأما فان كان الدقة الراديومترية لمستشعر 4 بت في تسجيل البيانات، فهذا يدل ان المستشعر يسجل البيانات في (2^4=16) قيمة رقمية متاحة وستتراوح بين الصفر و15، ومن ثم فستكون الدقة الراديومترية أقل. وعادةً ما يتم تمثيل بيانات الصورة باستخدام نطاق من درجات اللون الرمادي grey tones، حيث يكون اللون الأسود ممثلاً بالرقم صفر واللون الأبيض ممثلاً بالرقم الاقصى المتاح (مثل رقم 255 في البيانات ذات الثمانية بت).

ومن ثم كلما زادت الدقة الراديومترية للصورة الفضائية كلما زاد عدد المستويات الرقمية، وبالتالي تزداد حساسية المستشعر لكشف الاختلاف بين الاشعة المنبعثة أو المنعكسة من الأجسام وتكون الصورة أوضح وأسهل في التفسير والتحليل بما يُمكن الباحثين من الحصول على تفاصيل ومعلومات كثيرة ومتنوعة تقوم بجمعها هذه المستشعرات عن الظواهر الطبيعية والبشرية.

وبمقارنة صورة بدقة راديومترية 6- بت بصورة أخرى لها دقة راديومترية 8- بت فيمكننا رؤية أن هناك فروق كبيرة في مستوي التفاصيل في كلا منهما، الشكل (4-5).

الشكل (4-5) مفهوم الدقة الراديومترية للصور الفضائية

إضافة إلى ماسبق، نجد ان من اهم خصائص الدقة الراديومترية أن قيم البكسل الرقمية (DN) تتأثر بعدة عوامل منها الانعكاس الطيفي للظواهر على سطح الارض، والدقة المكانية، ونوع المستشعر وحجم الظاهرة مقارنة مع الظواهر المجاورة، وتسجيل نطاقات طيفية مختلفة في أوقات مختلفة من السنة، الأمر الذي يتطلب إجراء تصحيح إشعاعي (Radiometric Resolution) للصورة أو لعدة صور تم التقاطها في ظروف جوية وأوقات مختلفة من السنة على مناطق جغرافية مختلفة بحيث تكون متسقة قبل البدء بتحليلها.

4- الدقة الزمنية Temporal Resolution:

الدقة الزمنية لقمر صناعي معين هي الزمن اللازم للقمر الصناعي لزيارة نفس المنطقة الجغرافية على سطح الارض مرتين متتاليتين. أي انها الوقت المستغرق بين تصوير نفس المنطقة الجغرافية مرتين متتاليتين. فعندما يقوم المستشعر بالتقاط صورة لمنطقة ما، يستمر المستشعر في تغطية باقي المناطق

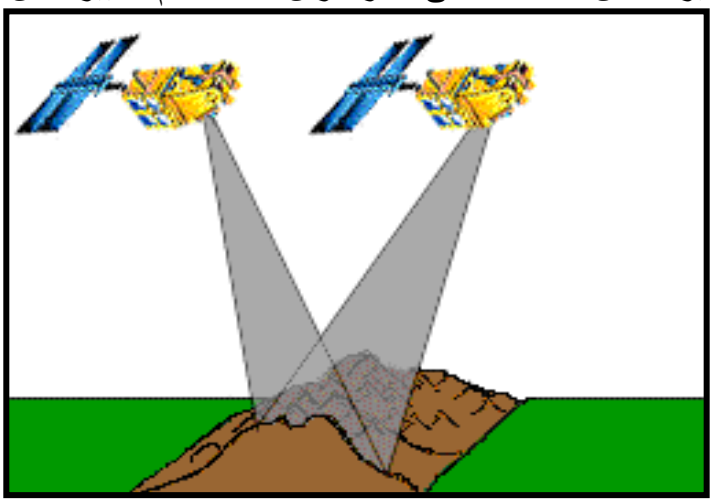
على الأرض إلى أن يكمل دورة كاملة ويعود مرة أخرى لأخذ صورة لنفس المنطقة تحتوي على نفس المشهد تماماً، وبنفس زاوية التصوير، وتتراوح الفترة الزمنية التي يستغرقها المستشعر لكي يزور نفس المنطقة مرة أخرى بين عدة ساعات، مثل صور القمر الصناعي (NOAA) وحتى عدة أيام مثل صور القمر الصناعي (QuickBird)، وذلك تبعاً لنوع القمر الصناعي، وبشكل عام، كلما كانت الفترة الزمنية اللازمة لعودة القمر الصناعي إلى نفس المنقطة قصيرة، كلما كانت الدقة الزمنية عالية والعكس.

وتعتمد الدقة الزمنية الفعلية للمستشعر على عدة عوامل مثل تداخل مسار القمر الصناعي وقدرات المستشعر وخط العرض، وترداد أهمية قدرات المستشعر في رصد أي ظاهرة أرضية خلال فترة زمنية محددة مثل رصد التوسع العمراني لمنطقة ما خلال فترة زمنية محددة، أو مراقبة نمو محصول زراعي معين، أو مراقبة الكوارث الطبيعية مثل رصد اتجاه الأعاصير والتنبؤ بالمناطق التو سيمر عليها، أو مراقبة المناطق التي تعرضت للفيضانات، مما يدعم صانع القرار على إعلان حالة الطوارئ وإخلاء السكان، أو مراقبة الزحف الصحراوي على حساب الأراضي الزراعية لمنطقة ما خلال عشر سنوات.

ان القدرة على تجميع صور لنفس المنطقة من سطح الأرض في فترات زمنية متعددة تعد من أهم عناصر تطبيق معلومات الاستشعار عن بعد. فالخصائص المكانية للأهداف قد تتغير مع مرور الوقت، وهذا ما يمكن اكتشافه من خلال تجميع ومقارنة الصور متعددة الدقة الزمنية– multi temporal images. فعلى سبيل المثال فأنه وفي خلال موسم النمو فأن النباتات المختلفة تكون في حالة تغير مستمر ومن ثم فأن قدرتنا على متابعة هذا التغير تعتمد على "متى وباي تردد when and how frequently" يمكننا الحصول على الصور. وباستخدام التحسس في فترات زمنية مختلفة وبصفة دورية فيمكننا متابعة التغيرات التي تحدث على سطح الأرض سواءً كانت تغيرات طبيعية (مثل التغير في الغطاء النباتي أو الفيضان) أو تغيرات بشرية (مثل النمو العمراني والتصحر). إن بعض انواع الاقمار الصناعية لديها القدرة على توجيه مستشعراتها لتحسس نفس البقعة الارضية في مدارات مختلفة بفترات تتراوح ما بين يوم الى خمسة أيام، الشكل(4–6).

فعامل الزمن في الاستشعار عن بعد يكون هاماً عندما:

- السحب المستمرة تعطي مجال رؤية محدود لسطح الأرض.
- الحاجة لمتابعة الظواهر السريعة (مثل الفيضان وتسرب الزيت ... الخ).
- الحاجة للمتابعة المستمرة (مثل معدلات انتشار مرض نباتي معين من سنة لأخرى).
- خصائص التغير لبعض الأهداف على مدار الزمن قد تستخدم لتمييزها عن الأهداف المماثلة.



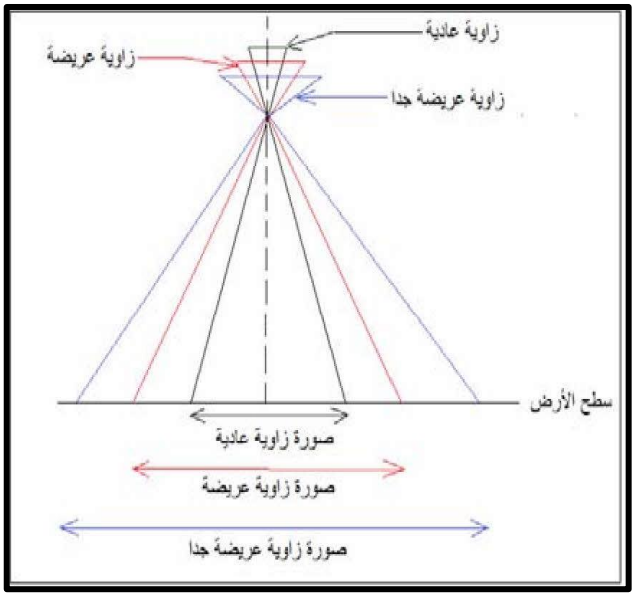
الشكل (4-6) إنقاص الدقة الزمنية للتوابع عن طريق توجيه مستشعراتها نحو المنطقة المراد تصويرها من أكثر من موقع

أنواع الصور الجوية:

تُصنف الصور الجوية الى عدة أنواع أو مجموعات تبعاً لطرق تقسيم مختلفة ومنها التصنيف تبعاً لاتساع زاوية التصوير، والتصنيف تبعاً لارتفاع الطيران، والتصنيف تبعاً لأبعاد الصورة، والتصنيف تبعاً لمقياس رسم الصورة، والتصنيف تبعاً لشكل الصورة وإمكانية تجسيمها، والتصنيف تبعاً لدرجة الميل، وهذا الأخير هو أهم التصنيفات.

تبعاً لاتساع زاوية عدسة التصوير فتوجد صور ذات زاوية عادية، وصور ذات زاوية ضيقة، و صور ذات زاوية عريضة، وصور ذات زاوية عريضة جداً. وتستخدم الصور عريضة الزاوية لتصوير المناطق المتسعة والصحاري ورسم الخرائط ذات مقايس الرسم الصغيرة، بينما تكون الصور ذات الزاوية العادية لتصوير المدن بحيث ينتج عنها خرائط ذات مقياس رسم كبير الي متوسط. وتجدر الإشارة الي أن

العلاقة طردية بين زاوية عدسة التصوير ومساحة المنطقة الأرضية المصورة كما يتضح في الشكل (4-7).



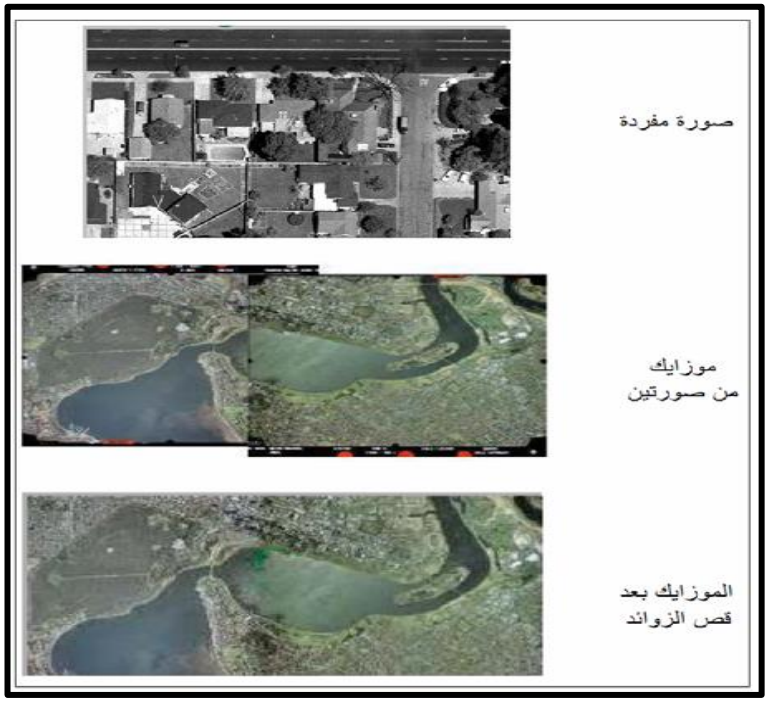
الشكل (4-7) أنواع الصورة الجوية تبعاً لاتساع زاوية التصوير

تُصنف الصور الجوية تبعاً لارتفاع الطيران الى ثلاثة أنواع: الصور الملتقطة من ارتفاع عال والصور الملتقطة من ارتفاع متوسط والصور الملتقطة من ارتفاع منخفض وبالطبع فأنه كلما زاد ارتفاع الطيران زادت مساحة المنطقة الأرضية الظاهرة على الصورة أما تصنيف الصور الجوية تبعاً لأبعادها فأن الصور أما أن تكون ذات أبعاد 23 × 23 سم أو ذات أبعاد 18×18 سم، وهناك نوع غير شائع وهو ذو أبعاد 18× 23 سم.

أما أنواع الصور الجوية تبعاً لمقياس رسمها فيشمل الصور ذات مقاييس الرسم الصغيرة (1:50.000 وأصغر) والصور ذات مقاييس الرسم المتوسطة (1:25.000) والصور ذات مقاييس الرسم الكبيرة (1:10.000 و أكبر). وكلما صغر مقياس رسم الصورة الجوية كلما زادت حجم تغطية الصورة من سطح الأرض، لكن كلما قلت قدرة تمييز المقالم المكانية على الصور الجوية.

من حيث شكل الصور الجوية وإمكانيات تجسيمها (الحصول على صورة مجسمة ثلاثية الأبعاد للمعالم الأرضية) فتوجد صور غير مجسمة وصور مجسمة. الصور الجوية غير المجسمة هي صور ثنائية الأبعاد وتنقسم الي صورة مفردة أو موزايك. الموزايك هو ضم أكثر من صورة جوية معاً للحصول على

صورة تغطي منطقة أرضية أكبر. فعلى سبيل المثال إذا أردنا دراسة التوسع العمراني لمدينه معينة وكانت هذه المدينة تظهر في أكثر من صورة جوية فأننا نقوم بضم هذه الصور معاً لنحصل على صورة واحدة مجمعة(موزايك أو فسيفساء) للمدينة كلها. أما النوع الثاني من الصور الجوية فهي تلك الصور الثي تسمح- بأجهزة وخطوات معينة- بالحصول على روية مجسمة للمعالم الأرضية على الصورة، وتسمى هذه الصور بأزواج الصور أو الصور المزدوجة.

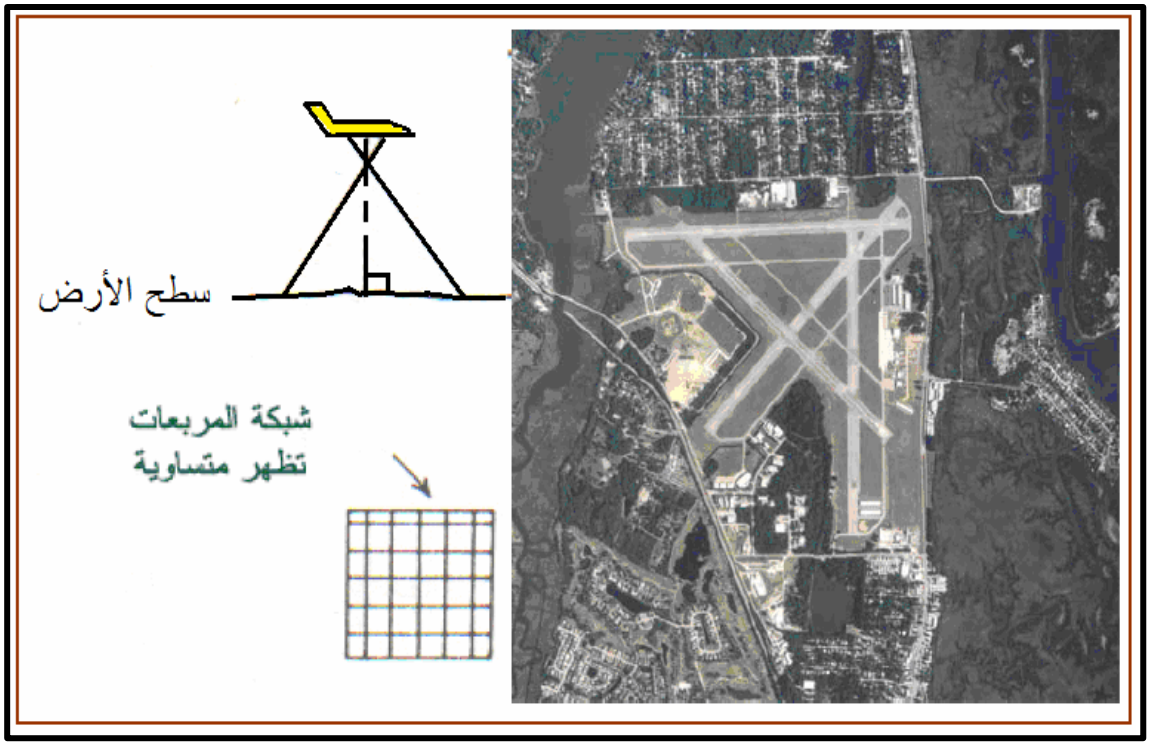


الشكل (4-8) أنواع الصورة الجوية تبعاً لشكلها

يعد تقسيم الصور طبقا لزاوية الميل هو أهم أنواع تصنيفات الصور الجوية من حيث طبيعة استخدام كل نوع من هذه الأنواع: تنقسم الصور الجوية في هذا التقسيم الي ثلاثة أنواع الصور الرأسية والصور قليلة الميل (أو الصور المائلة) والصور شديدة الميل (أو الصور الميالة).

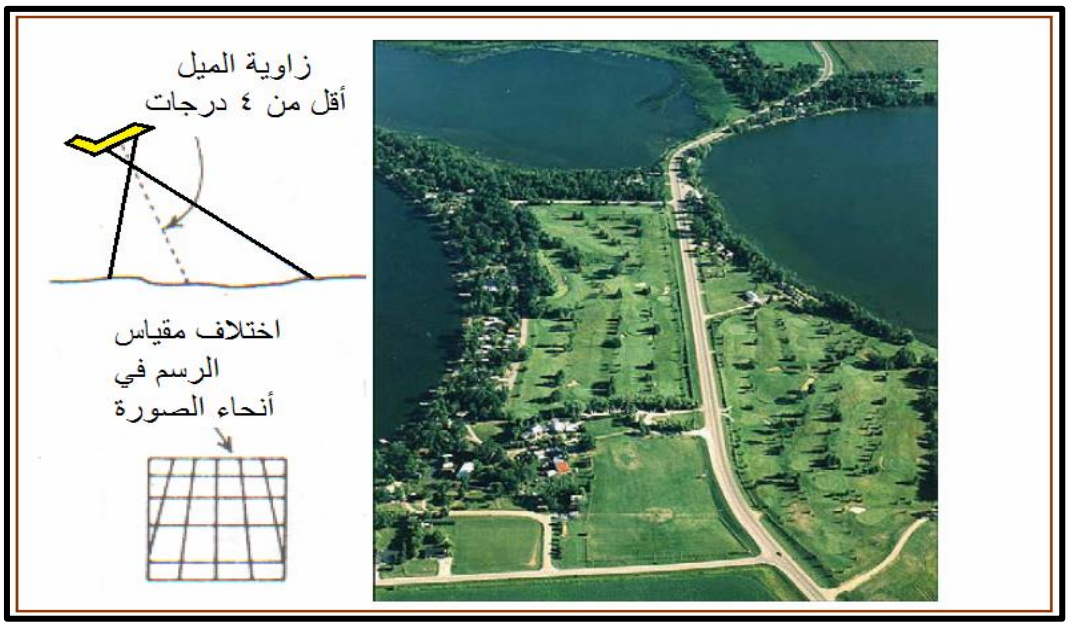
الصورة الجوية الرأسية هي تلك الصورة الملتقطة ومحور الكاميرا في وضع رأسي مع سطح الأرض (أي محور الكاميرا عمودي تماماً على سطح الأرض). وتعد هذه الصور هي الأدق و الأنسب في إنتاج الخرائط حيث تكون الخصائص الهندسية للصورة متساوية، فإذا تخيلنا مجموعة من المربعات المتساوية

على سطح الأرض فأنها ستظهر مربعات متساوية على الصورة الرأسية أيضاً. كما أن مساحة المنطقة المصورة ستكون بسيطة في هذا النوع من الصور الجوية. لكن وعلى الجانب الآخر فأن الحصول على صور جوية رأسية يعد أمراً صعب التحقيق بسبب ظروف التصوير وحركة الطائرة حيث لا يمكن التحكم في وضع الطائرة ووضع الكاميرا تماماً أثناء الطيران.



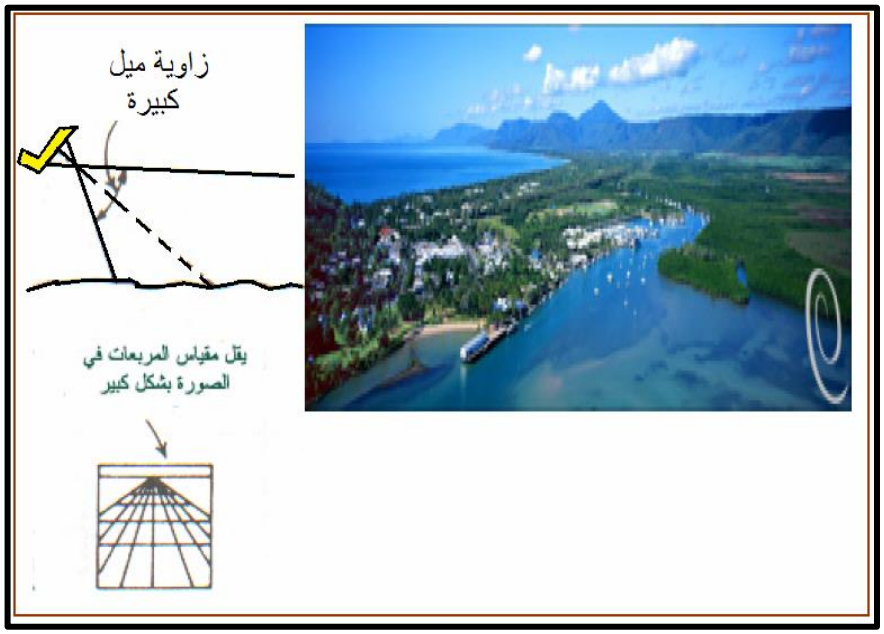
الشكل (4-9) الصورة الجوية الرأسية

الصورة الجوية قليلة الميل هي تلك الصورة الملتقطة بحيث يميل محور الكاميرا ميلاً بسيطاً- لا يتجاوز 4 درجات- عن الوضع الرأسي. وفي هذه الصورة سيختلف شكل المعالم الأرضية عن شكلها الحقيقي، حيث لن تكون شبكة المربعات- التخيلية- المتساوية على سطح الأرض ظاهرة متساوية على الصورة وإنما ستختلف مساحة المربعات من مكان لآخر على الصورة. لكن يمكن استخدام طرق علمية وأجهزة تقنية معينة لتحويل الصور الجوية قليلة الميل الى صور رأسية، ومن ثم استخدامها في إنتاج الخرائط.



الشكل (4-10) الصورة الجوية قليلة الميل

الصور الجوية شديدة الميل هي تلك الصور الملتقطة ومحور الكاميرا يميل بدرجة كبيرة عن الوضع الرأسي، بحيث يظهر الأفق في الصورة. وفي هذه الصور سيختلف شكل المعالم الأرضية اختلافاً كبيراً من جانب لآخر على الصورة. وهذا النوع من الصور الجوية لا يمكن استخدامه في إنتاج الخرائط لكنة مفيد جداً في تطبيقات تفسير الصور الجوية للحصول على معلومات عن الظوا هر الجغرافية وخاصة وأن الصورة شديدة الميل تظهر منطقة جغرافية كبيرة بالمقارنة بالصور الرأسية أو الصور قليلة الميل.



الشكل (4-11) الصورة الجوية قليلة الميل

أنواع الصور الفضائية:

تقسم الصور الفضائية بناء على عدة معايير أهمها:

1- حسب طريقة الحصول عليها.

2- حسب الدقة المكانية (قدرة التمييز المكانية).

3- حسب الدقة الطيفية.

4- حسب الدقة الزمنية(التكرارية).

5- حسب مساحة التغطية.

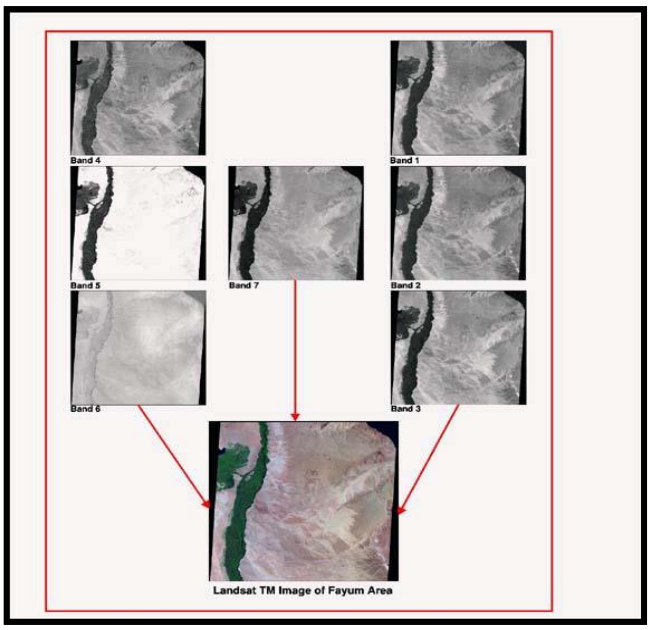
اولاً- تصنيف الصور الفضائية حسب طريقة الحصول عليها:

1) **صور فوتوغرافية:**

يتم الحصول على مثل هذا النوع من الصور بمساعدة كاميرات التصوير الأتوماتيكية (في التوابع الصنعية) أو اليدوية (في المركبات المأهولة أو الطائرات)، حيث تستخدم أفلام ذات نوعية مختلفة منها الأسود/الأبيض أو الملونة والتي تقسم بدورها إلى أفلام ذات ألوان طبيعية وأفلام ذات ألوان تركيبية (ألوان غير حقيقية) كما يتواجد أنواع من الأفلام تملك حساسية للأشعة تحت الحمراء القريبة والتي لها أهمية في دراسة الأهداف الزراعية والمائية وفي دراسة السبخات.

2) **الصور متعددة الأطياف:**

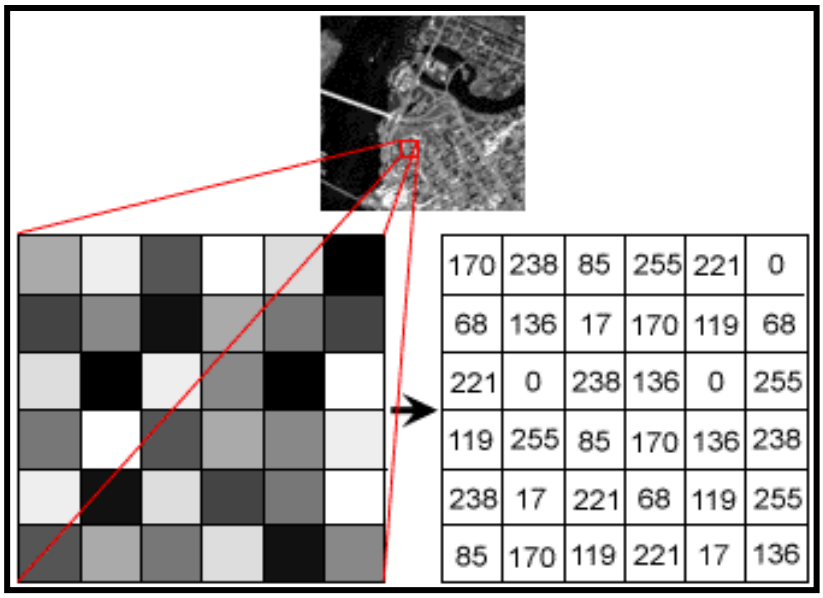
إن المسح متعدد الأطياف يفتح إمكانيات جديدة لرفع وزيادة دقة تفسير الصور لما يتمتع به هذا النوع من معلوماتية عالية. إن تركيب وجمع أفلام وفلاتر ضوئية مختلفة يعطي إمكانية الحصول في وقت واحد على عدة صور لنفس الهدف والذي يعتبر من الناحية الجيومترية متماثلا أما من الناحية الطيفية مختلفا، وذلك لأن كثافة وشدة الأشعة المنعكسة عن الأهداف الطبيعية تتمايز وتختلف ضمن النطاقات الطيفية المختلفة، الشكل (4-12).



الشكل (4-12) الصور متعددة الأطياف

3) **الصور الرقمية:**

يستخدم للحصول على هذا النوع من الصور المواسح الإلكترونية متعددة الأطياف، والتي تجمع ما بين المراقبة التفصيلية والدقة الراديومترية العالية ،حيث تقوم هذه المواسح بتحويل الإشعاع الوارد عن الأهداف الطبيعية الأرضية إلى إشارة كهربائية وتسجيلها بشكل رقمي، ويتم نقل المعلومات التي يتم الحصول عليها من هذه النظم عبر قنوات الاتصال الفضائية إلى نقاط استقبال أرضية لتسجل على أشرطة فيديو مغناطيسية رقمية مما يمكن من إعادة تشكيلها في صور متعددة الأطياف تطبق عليها طرق المعالجة البصرية أو تتم معالجتها رقمياً باستخدام الحاسوب وتساعد هذه الصور بالحصول السريع على المعلومات عن الأهداف الأرضية وإعداد الخرائط اللازمة لها فهي تسمح بمراقبة الفيضانات، الانزلاقات، الانهيارات الثلجية، التغيرات المرتبطة بالنشاط الزراعي، حالة الغابات، وتغيراتها الخ....، الشكل (4-13).



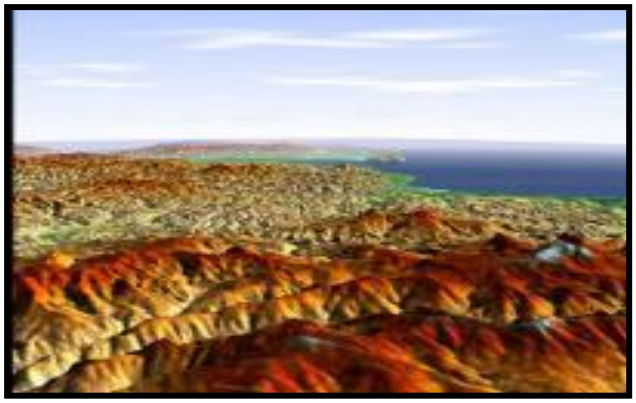
الشكل (4-13) الصور الرقمية

4) الصور الرادارية:

المجال الطيفي للأشعة الرادارية من (1 مم– 1 م)، الشكل (4-14). وتؤخذ هذه الصور بواسطة الرادار المركب على التوابع الصنعية مثل رادارسات-1 وألماز والأوربي ومكوك الفضاء.

ميزات هذا المسح:

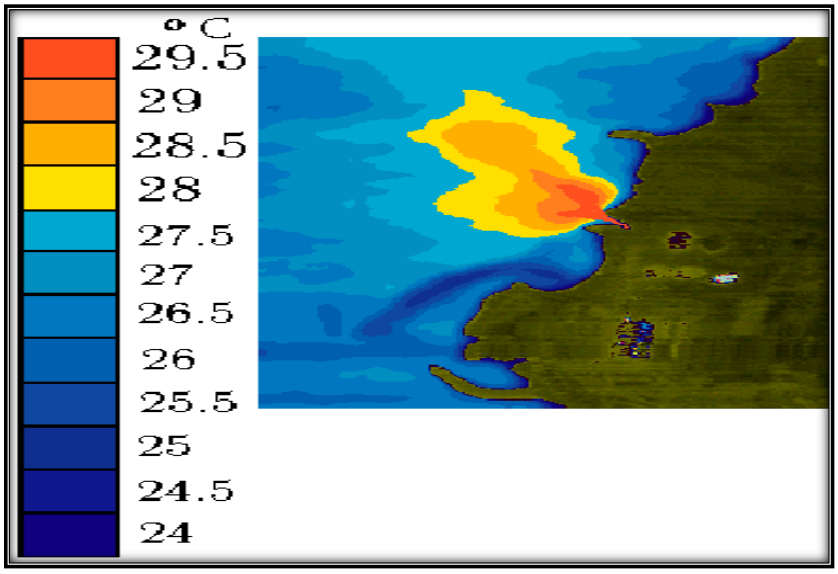
- إمكانية التصوير في الليل والنهار.
- إمكانية التصوير في الظروف الجوية الصافية والغائمة حيث يمكن للأشعة الرادارية اختراق الرذاذ والمطر والثلج والغيوم والدخان.
- إمكانية اختراق طبقات الأرض.



الشكل (4-14) الصور الرادارية

5) **الصور الحرارية:**

يتم تسجيل الصور الحرارية بمواسح حرارية تسجل الإشعاعات المنبعثة في المجال الحراري فقط، تقوم المستشعرات بمقارنة درجات الحرارة مع درجات مرجعية ثابتة وغالبا ما تستخدم درجة الصفر المطلق ويصل الميز الحراري لمعظم المواسح إلى 0.1 درجة مئوية. ويتم استخدام هذه الصور للكشف عن الأهداف مثل ينابيع المياه الحارة، انفجار البراكين، مصبات الأنهار، البقع النفطية، الشكل (4-15).



الشكل (4-15) الصور الحرارية

6) **الصور التلفزيونية:** وهي الصور المأخوذة ضمن المجال المرئي، ويتم الحصول عليها بشكل مباشر أثناء عملية المسح.

7) **الصور الليزرية:** وهي الصور المتحصل عليها بواسطة أشعة الليزر، يتم التقاط هذه الصور بواسطة التوابع الصنعية والمراكب الفضائية التي تدور حول الأرض بأنواعها المختلفة، والتي تطلقها أكثر من خمسة وعشرون دولة خاصة أمريكا، وروسيا، وبعض الدول الأوروبية، والصين، والبرازيل، والهند، وكندا.

ثانياً- تصنيف الصور الفضائية حسب الدقة المكانية (قدرة التمييز المكانية):

1) الصور منخفضة الدقة المكانية Low Spatial Resolution:

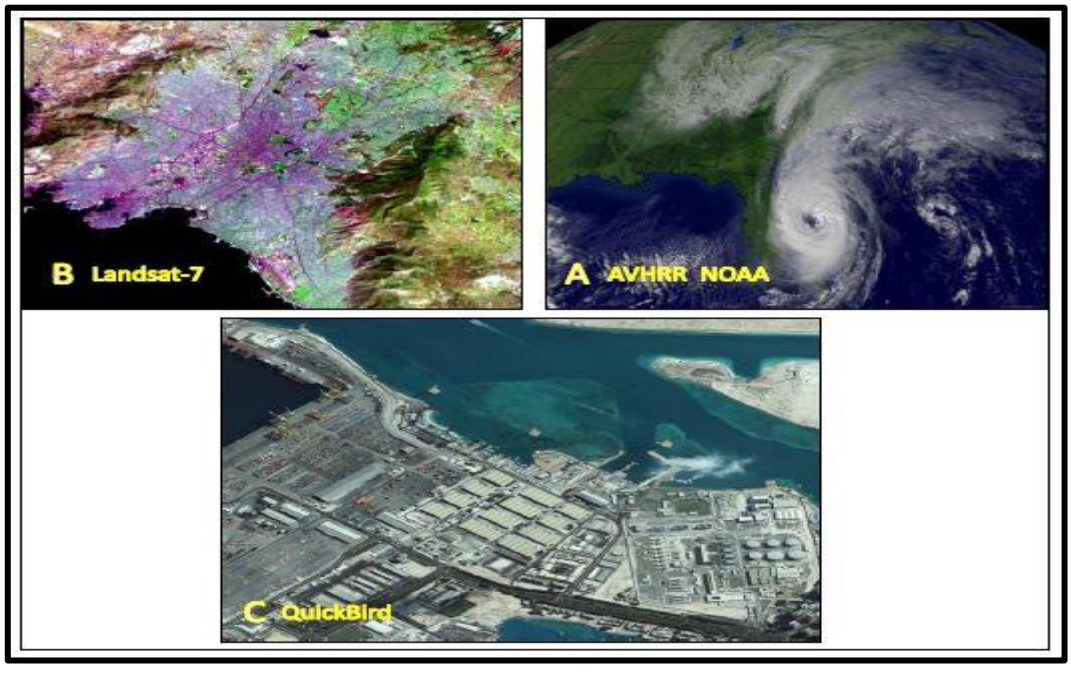
هي الصور التي يزيد فيها حجم البكسل عن (100m)، تغطي الصورة مساحة شاسعة من الارض بحيث قد تظهر قارة باكملها في الصورة الواحدة، وتستخدم هذه الصور في دراسة الطقس، والتنبؤات الجوية، ودرجة حرارة اليابسة والماء، ومتابعة حركة الاعاصير مثل صور (AVHRR) في القمر الصناعي (NOAA)، كما هو مبين في الشكل (4-16).

2) الصور متوسطة الدقة المكانية Medium Spatial Resolution :

هي الصور التي يتراوح فيها حجم البكسل بين (5m) إلى (100m)، وتغطي الصورة الواحدة مساحة تبلغ حوالي (150×150km)، وقد يظهر فيها اقليم معين داخل الصورة، ويستخدم هذا النوع في التطبيقات الجيولوجية والزراعية وانواع التربة وغير ذلك، مثل صور القمر الصناعي (Landsat)، وصور القمر الصناعي (SPOT)، الشكل (4-16).

3) الصور عالية الدقة المكانية High Spatial Resolution:

هي الصور التي يقل فيها حجم البكسل عن (5m)، وتستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى دقة عالية مثل التخطيط الحضري، والتنوع النباتي، والتطبيقات العسكرية، مثل صور القمر الصناعي (QuickBird)، الشكل (4-16) .



الشكل (4-16) ثلاث صور مختلفة بحسب دقتها المكانية

ثالثاً- تصنيف الصور الفضائية حسب الدقة الطيفية:

تنقسم صور الاستشعار عن بعد تبعاً لدقتها الطيفية إلى ثلاثة انواع رئيسية هي:

1) صور أحادية اللون: هناك نوعان من صور الاستشعار عن بعد أحادية اللون، النوع الأول هي الحساسة للضوء المرئي وتسمى Panchromatic، تقوم بجمع البيانات من منطقة الطيف المرئي والنوع الثاني صور رادار SAR التي تظهر بتدرجات اللون الرمادي وتظهر كمرئية تحتوي على قناة واحدة.
2) صور متعددة النطاقات الطيفية Multispectral تقوم بجمع البيانات من منطقة الطيف المرئي ومنطقة الاشعة تحت الحمراء، والاشعة الحرارية وتسجل البيانات في عدة قنوات قد تصل إلى 30 قناة.
3) صور تحتوي على عدد كبير من النطاقات الطيفية (فائقة الاطياف) Hyper-spectral تجمع البيانات من منطقة الطيف المرئي ومنطقة الاشعة تحت الحمراء، وتسجل البيانات في قنوات يصل عددها إلى حوالي 900 قناة في الصورة الواحدة.

رابعاً- تصنيف الصور الفضائية حسب الدقة الزمنية(التكرارية):

وحسب التكرارية يمكن تقسيم الصور الملتقطة لسطح الأرض إلى ما يلي:

1- صور كثيرة التكرارية (كل نصف ساعة أو يوم):

يتم التقاط هذا النوع من الصور للمظاهر سريعة التغير أي في فترة زمنية قصيرة جداً وهي الصور التي ترصد المظاهر المناخية ومراقبة الكوارث الطبيعية كالاندفاعات البركانية أو الفيضان وتطور الحرائق وامتدادها والأعاصير وغيرها من الظواهر (التوابع الصنعية المناخية).

2- صور يمكن الحصول عليها كل ثلاثة أيام:

تستخدم هذه الصور في تصوير المظاهر التي تتغير ببطء بالمقارنة بالمظاهر السابقة. على سبيل المثال تطور الغطاء النباتي في مراحل النمو المختلفة وتطور الغطاء الثلجي والتيارات البحرية.

3- صور يُحصل عليها كل شهر أو كل عدة أشهر:

تستخدم هذه الصور لدراسة استعمالات الأراضي ودراسة الأحواض المائية والسدود.

4-صور يُحصل عليها كل سنة أو عدة سنوات.

تستخدم هذه الصور في دراسة المظاهر قليلة التغيير وشبه الثابتة كالصخور والتضاريس وغيرها. وحيث يمكننا باستخدام الصور التكرارية كل عام دراسة تطور أية ظاهرة على سطح الأرض.

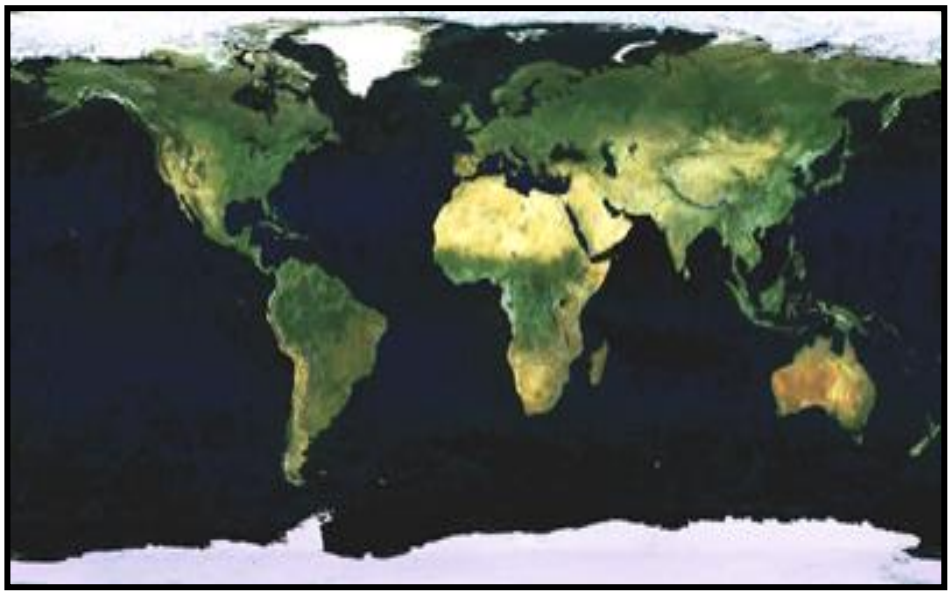
خامساً- تصنيف الصور الفضائية حسب مساحة التغطية:

1) عالمية: تغطي مساحات واسعة من العالم.
2) إقليمية: تغطي مساحات لأكثر من إقليم.
3) محلية: تغطي مساحات محدودة.

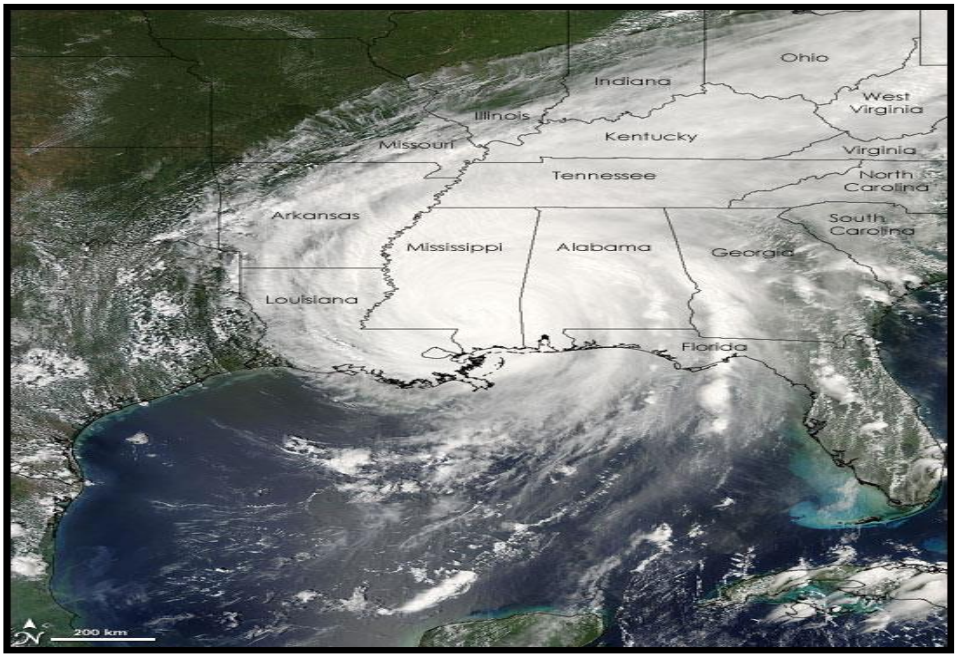
ويبين الشكل(4-17) صورة فضائية عالمية تغطي الجزء الأعظم من العالم.

ويبين الشكل(4-18) صورة فضائية إقليمية تبين حركة الغيوم

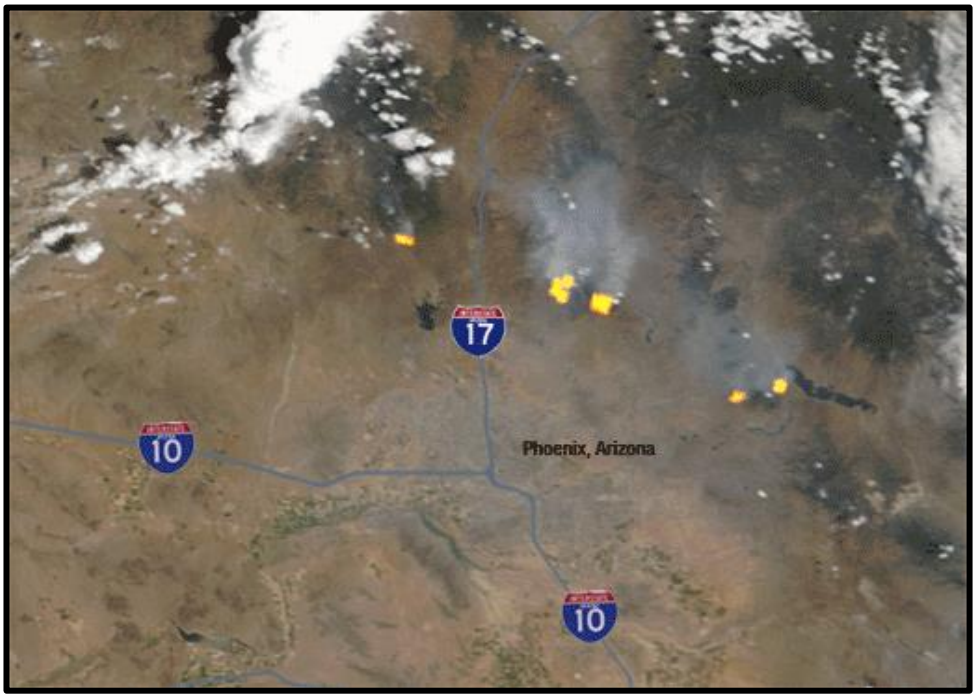
ويبين الشكل(4-19) صورة فضائية عالمية تغطي الجزء الأعظم من العالم.



الشكل (4-17) صورة فضائية عالمية



الشكل (4-18) صورة فضائية إقليمية تبين حركة الغيوم



الشكل (4-19) صورة فضائية لحرائق الغابات

التشوه الهندسي للصور:

مهما كان النظام المستخدم في تصوير الأرض ومهما اختلفت المواسح فإنه لابد من حدوث تشوه هندسي (جيومتري) للأشكال المنتشرة على سطح الأرض وخاصة أن الصور تعتبر تمثيلاً ثنائي الأبعاد لعالم ثلاثي الأبعاد. يمكن أن تعزى التشوهات الناتجة على الصورة للأسباب التالية:

1. ميلان عدسات المستشعر عن المحور الشاقولي.
2. حركة المواسح.
3. حركة وعدم استقرار المنصات الحاملة للمستشعرات.
4. ارتفاع وسرعة المنصات الحاملة للمستشعرات.
5. الاختلافات في ارتفاع التضاريس.
6. تفلطح الأرض ودورانها.

المقياس:

تعرف نسبة المسافة على الصورة أو الخريطة إلى المسافة الأرضية الحقيقية المناظرة باسم مقياس الرسم scale. فإذا كان لديك خريطة لها مقياس رسم 1:100.000 (مثلاً) فأن الهدف الذي يبلغ طوله على الخريطة 1 سنتيمتر سيكون طوله الحقيقي على الأرض 100.000 سنتيمتر (أي 1 كيلومتر). ومن ثم فأن الخرائط أو الصور الفضائية التي لها قيمة صغيرة من نسبة "الخريطة/الأرض"(1/100.000على سبيل المثال) يطلق عليها اسم الخرائط أو الصور صغيرة المقياس small scale، بينما تلك التي لها نسبة أكبر (مثلاً 1/5.000) تسمى كبيرة المقياس large scale.

5

الأسس النظرية لتحليل الصور الفضائية والجوية

The Theoretical Foundations of Satellite Images and Aerial Photo Analysis

تمثل الصور الفضائية والجوية سجلاً مفصلاً لمعالم الأرض وما يرتبط بها لحظة تصويرها وهي بذلك تؤمن أداة طيعة للمختصين لتمثل وفهم العلاقات والروابط بين كل مكونات هذه الهيئات والمعالم. ويتم تحليل الصور في عدد من المستويات حسب درجة تعقيدها وحسب الغرض الذي يرغب به مفسر الصور من مجرد التعرف على الأجسام المرئية مباشرة في الصورة إلى ما ينشأ عنها من علاقات ارتباطية متبادلة غير مرئية يمكن استنتاجها وأحيانا يمكن توقعها. وحيث يرى المحللون على الصورة المؤشرات المنتشرة على سطح الأرض ولا يرون ما تحت السطح، إلا أن صفات السطح يمكن أن تكون دليلاً على ما دونه فلابد من تطوير عملية التحليل التي ما زالت حتى الآن مرتبطة بالتحليل المكتبي والحقلي، ولا غنى عن الأخير.

تعرف عملية تحليل الصور الفضائية والجوية على أنها عملية التعرف على الأهداف الأرضية المدروسة وتمييزها وفصلها عن غيرها وفهم العوامل الطبيعية المرتبطة بها وكذلك الصفات الدالة عليها على الصورة قيد التحليل.

ويمكن باستخدام سلسلة من الصور الملتقطة على فترات زمنية معينة إظهار ديناميكية (حركية) الظواهر الطبيعية وتحليلها. كما يمكن تحسين عملية التحليل الغرضي باستخدام الصور الطيفية متعددة القنوات خاصة إذا عرف المحلل خصائص الهدف المدروس في كل مجال طيفي واستخدام تلك القنوات الطيفية التي تسمح بتميز الهدف المدروس عن بقية الأهداف.

أسس عملية تحليل الصور:

تمر عملية استخراج المعلومات من الصور الجوية والفضائية بمرحلتين رئيستين:

1) تحليل الصورة.

2) تفسير الصورة.

1. تحليل الصورة:

ويقصد به التعرف على مكونات الصورة الرئيسية وتحديدها وتمييزها وفصلها وتوصيفها بشكل من أشكال التوصيف المتعارف عليها في العمل الاستشعاري.

أهم طرق التحليل المستخدمة:

1- طريقة التعرف على الأهداف المنفصلة الكبيرة نسبياً: فكرة هذه المدرسة على اختلاف حجم (مساحة) الأهداف الطبيعية الظاهرة على الصورة، و بالتالي يقوم المحلل وفق هذه الطريقة برسم المظاهر كبيرة المساحة أولا و توصيفها وفق دلائل التحليل المباشرة. بعد ذلك يقوم بتقسيم المساحة المتبقية من منطقة الدراسة إلى مساحات صغيرة الحجم وتوصيفها وفق دلائل التحليل ذاتها. لكن بعض العلماء الذين مارسوا تحليل الصور بالاعتماد على هذه الطريقة يقومون بالتدرج في رسم الظواهر والمظاهر على الصورة الفضائية وينتقلون من الأهداف الكبيرة جداً إلى الكبيرة فالمتوسطة فالصغيرة والصغيرة جداً، كل على حدا، وقد يختارون في كل مرحلة دلائل تحليل أساسية تساعدهم في تقسيم الصورة أو تحليل الصورة الفضائية.

2- الطريقة الأداتية البصرية: تعتبر منطقة الدراسة وفقاً لأكثر مدارس هذه الطريقة انتشار على أنها عبارة عن معلم طبيعي منتشر (وهو المعلم السائد) ومن ثم يتم فرز المعالم الأخرى على اعتبارها تحتل مساحات صغيرة يمكن فرزها على الخلفية العامة المتمثلة بالمعلم السائد، وتعامل مساحات المعالم الصغيرة على أنها قد تم اشتقاقها من المعلم الرئيس السائد أو أنها قد تطورت عنه. كما تستخدم هذه المدرسة دلائل التحليل غير المباشرة في هذه المرحلة وليس في مرحلة التفسير، تعد جداول التوصيف لدلائل التحليل المباشرة وغير المباشرة المستخدمة في إعداد المخطط أو الخريطة الغرضية المزمع إنتاجها.

3- **الطريقة الأداتية الدليلية البصرية:** تعتمد هذه الطريقة أساسا على إعداد خمس مخططات منفصلة لدلائل التحليل (اللون Colour، الطور اللوني Tune، البنية Structure، البناء Texture، الحد Border) ومن ثم مقاطعتها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج المخطط الأولي لتحليل الصورة الفضائية.

2. تفسير الصورة الفضائية:

هي عملية ربط دلائل التحليل والمخططات التي تم رسمها في نهاية عملية التحليل بالمحتوى الطبيعي المنتشر في منطقة الدراسة أو بالهدف أو الظاهرة المدروسة.

يقوم المفسر بجمع البيانات والخرائط المتوفرة عن منطقة الدراسة بهدف ربط الدلائل بالتربة والنباتات والمورفولوجيا والتضاريس والظواهر الأخرى المدروسة.

بعد ذلك يستخدم المفسر خبرته إضافة إلى الدلالات المتاحة كأن يستخدم عالم التربة الدلالة النباتية وبالعكس قد يستخدم علماء النبات الدلالة الترابية إن توفرت لديهم مثل هذه المعلومات ويمكن استخدام الدلالة المورفولوجية.

وهنا يلجأ المفسرون إلى دلائل التحليل غير المباشرة التي قد تدل على الهدف المدروس فالبناء السكني العالي يعطي ظلاً أطول على الصورة من السكن المنخفض والأشجار العالية تمتاز عن الجنبات مماثلة المساحة بطول ظلها أيضاً أو قد يستخدم التوجه لمعرفة ارتباط الظاهرة المدروسة بظاهرة أخرى (ريحية أو مائية .....).

بعد ذلك يضع المفسر الخريطة الأولية التي تدقق حقلياً لتصحيح بعض المعلومات الخاطئة أو المشوهة والتي تقود فيما بعد لوضع الخريطة النهائية.

وتستخدم في هذا المجال مجموعة من الطرق أيضا:

1) طريقة الدلالة النباتية:

يعتمد مستخدمي هذه الطريقة على خرائط الغطاء النباتي المنتجة سابقاً لتفسير الصورة الفضائية وذلك لوجود ارتباط بين الغطاء النباتي والمكونات الطبيعية الأخرى.

2) طريقة الدلالة الترابية:

يقوم أتباع هذه الطريقة بنفس الأعمال التي ينفذها مستخدمي طريقة الدلالة النباتية لكن بالاعتماد على الخرائط المتوفرة عن غطاء التربة.

3) **طريقة الدلالة الجيومورفولوجية:**

تعتمد هذه المنهجية أساساً على الارتباط الوثيق بين الهيئات الجيومورفولوجية والتربة والغطاء النباتي والصخور الأم والمناخ المحلي (Microclimate)، وبالتالي يمكن القول أن الأشكال الجيومورفولوجية ترتبط بشكل أو بآخر ببعضها البعض وتعتمد على ظروف المنطقة المدروسة.

عوامل التحليل:

تكمن عملية التحليل في النقاط التالية:

1- إظهار ورسم الظواهر المتجانسة على الصور الفضائية والجوية ويمكن تسميته التحليل الرسومي الغرضي.

2- تحديد المحتوى الطبيعي للمضلعات التي تم رسمها على الصور.

3- تعميم النتائج التي تم جمعها من نقاط التحقق الأرضي (أو نقاط أخذ العينات) على كامل مساحة الصورة الفضائية أو الجوية.

تعود قابلية ظهور الأجسام ورؤيتها بوضوح في الصورة إلى أمور أساسية هي:

1. الخصائص الجوهرية للأجسام نفسها من حيث الشكل واللون والأبعاد...الخ.
2. نوعية وطبيعة ومقياس الصور.
3. نوعية الجهاز المستخدم في تحليل الصور.
4. قدرة إبصار رؤية مجسمة (ستيريوسكوبية) لدى محلل الصور.

يعتبر وضوح الأشياء أو الظواهر في العلوم المختلفة من الأمور الأساسية في تفسير الصور. إذ يظهر مثلاً النبات الطبيعي في الصور ومع ذلك فإن جوانب كثيرة من النباتات الطبيعية لا يمكن معرفتها بنفس الطريقة أي بمجرد وضوح النبات الطبيعي أو رؤيته. إلا أنه يمكن استخدام بعض الخصائص المورفولوجية لتحديد نوع النبات. كذلك يمكن تحديد بعض الخصائص الكمية للنباتات الطبيعية مثل تقدير كمية الأخشاب في

مناطق الغابات، ومن الظاهرات الأخرى التي تمتاز بوضوح كاف، هي المساكن والمباني والطرق والأجسام المائية وأشكال سطح الأرض وفي بعض الأحيان تكون أنواع كثيرة من الصخور واضحة في الصور.

وقد حددت مراحل تحليل الصور فيما يلي:

1. مرحلة التعرف الأولي أو العام.
2. مرحلة تمييز المحتوى.
3. مرحلة التحليل.
4. مرحلة التفسير.
5. مرحلة التصنيف.

1- مرحلة التعرف الأولي أو العام:

تعتمد هذه المرحلة على التحديد المباشر للأشياء المرئية في الصور.

2- مرحلة تمييز المحتوى:

يطلق على هذه المرحلة أحياناً اسم (قراءة الصور) وبخاصة إذا تم التعرف على الظواهر وتمييزها بصورة مباشرة، حيث يتم تصنيف الأجسام والظواهر المرئية مباشرة ووضعها ضمن طبقة أو فئة معينة بناء على قراءاتها من الصور ويشترط أن يكون الصنف أو الفئة التي تتضمن الظواهر المميزة ذات مغزى علمي واضح ومعروف سواء استخدم دليل تفسير الصور أثناء عملية التصنيف أم لم يستخدم.

3- مرحلة التحليل:

وهي عبارة عن عملية تحديد مجموعات من الأجسام أو الظواهر أو العناصر تنفرد بخصائص معينة تظهر واضحة من خلال تحليل الصور، ومن خلال هذه المرحلة ترسم الحدود التي تفصل بين تلك المجموعات، ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من خطوط الحدود بين المجموعات هي: حدود موثوق بها، حدود متوسطة الثقة، حدود مؤقتة وغير نهائية (ذلك لعدم التأكد منها) وفي هذه المرحلة يتم الوصول على مفهوم تفرد الظواهر أو الأجسام، بينما تترك عملية تطابق أو تماثل الظواهر إلى مرحلة التصنيف اللاحقة.

4- مرحلة التفسير:

تعتبر هذه المرحلة من المراحل الصعبة والمعقدة نظراً لاعتماد المحلل في أغلب الأحيان على الاستفادة من مبدأ الدليل المقارب عند تفسير الصور ويشتق الدليل المقارب عادة من الأجسام أو العناصر الواضحة في الصورة والذي يعطي معلومات جزئية عن طبيعة بعض المؤشرات المتلازمة أو المترافقة مع الظاهرة المراد تفسيرها وقد تختص مرحلة الاستنتاج في عملية الفصل بين مجموعات الأجسام أو العناصر، وفي هذه الحالة نجد ارتباطاً واضحاً بين مرحلة الاستنتاج والتحليل وفي هذا المجال يمكن تحديد استمرارية بعض خطوط الحدود التي تفصل بين مجموعات الظواهر وذلك باستنتاج أماكن توقيع تلك الخطوط.

وأياً كان الأمر فإن براعة محلل الصور وصحة استناده لا تغني عن الدراسة الميدانية والتي تكون في بعض الأحوال ضرورية لأن تسبق عملية تفسير الصور.

5- مرحلة التصنيف:

تتضمن مرحلة التصنيف وصف مجموعات الظواهر التي تم تحديدها أثناء عملية التحليل والتعرف إلى طبيعة انتظامها وترتيبها في النظام الذي تنتمي إليه بهدف تنسيق وتنظيم الدراسة الميدانية. ويتم في هذه المرحلة أيضاً مقارنة مجموعات الظواهر أو العناصر ولهذا يعتبر البعض مرحلة التصنيف هي المرحلة النهائية في تحليل الصور وعندها يتم التوصل إلى معظم النتائج والفرضيات في هذه المرحلة. كما يؤكد التصنيف عملية تماثل أو تشابه الظواهر في المجموعات المختلفة التي حددت في مرحلة التحليل السابقة، هذا وتسهم الدراسة الميدانية وبخاصة التحقيق الميداني من تأكيد صحة التصنيف والتأكد من صحة الحدود بين مجموعات الظواهر أو العناصر.

وتجدر الإشارة هنا إلى ضرورة وضع نظام للترميز خاص بالظواهر والعناصر التي تتضمنها النظم المعرفة ويعتبر الترميز جزء مهم من عملية التصنيف ويستخدم في بعض العلوم (الطبوغرافية، الجيولوجيا، الغابات، الجيومورفولوجيا، استعمالات الأراضي وغيرها) نظم ترميز جاهزة أما محلية خاصة بالدولة نفسها أو عالمية متفق عليها.

6

دلائل تحليل الصور الفضائية والجوية

Guidelines for Analysis of Satellite and Aerial Images

مقدمة:

يقصد بمصطلح (تحليل الصورة الفضائية) التعرف على مكونات الصورة الرئيسية وتحديدها وتمييزها وفصلها وتوصيفها بشكل من أشكال التوصيف المتعارف عليها في العمل الاستشعاري.

تتألف الصورة الفضائية من مجموعة من المكونات (يطلق عليها عبارة دلائل التحليل المباشرة أو دلائل التحليل) .تختلف باختلاف المدارس العلمية إلا أن أهمها: الطور اللوني Tune والذي يعبر عن مدى التجانس اللوني على مساحة الصورة التي تقسم عادة بناءً عليه إلى أحادية الطور اللوني وثنائية الطور اللوني ومتعددة المركبات اللونية، يليه اللون Color الذي تقسم الصورة بناءً عليه حسب المدارس إلى سبعة ألوان أو تسعة أو أربعة عشرة أو أربع وعشرين وهذا يعتمد على قدرة المحلل على التعامل مع هذه الألوان واستذكارها والبحث عن الألوان المتشابهة والمتمايزة، تدل البنية Structure على الرسومات والأشكال الرئيسية التي تبدو للعيان نتيجة تداخل وتجاور الألوان المختلفة وبالتالي يمكن إيجاد مساحات عديمة البنية أو عديمة البنية تقريباً أو بقعية أو نقطية أو خطية، يعرف البناء Texture على أنه التعاقب الكمي والنوعي لعناصر البنية (في المدارس الشرقية) ومدى خشونة ونعومة السطح (في المدارس الغربية).

ويدل الشكل على انتظام حواف البقع اللونية على الصورة فهناك أشكال هندسية وأخرى غير هندسية فالحجم الذي يعبر عن حجم المظاهر المدروسة على الصورة ثم الحد الذي يدل على مدى تمايز المساحات اللونية عن بعضها البعض.

يستخدم المفسر البصري للصور الفضائية دلائل التحليل (الطور اللوني، اللون، البنية، البناء، الحد، الشكل) في تحليل وتفسير الصورة الفضائية والتعرف على الأهداف والمعالم الأرضية التي تغطيها الصورة الفضائية. لكن إن تعذر تحليل الصورة باستخدام الدلائل المباشرة، يلجأ المحللون إلى استخدام الدلائل غير المباشرة وهي الظل، الارتباط، التوجه، الموقع ...) إلا أن عدداً كبيراً من العلماء يعتبرون أن هذه الدلائل تستخدم أثناء التفسير وليس أثناء التحليل.

إن دلائل التحليل غير المباشرة (دالات التحليل) تمكن المفسر من فهم الصورة الفضائية بشكل أعمق وتزيد من قدرته على استيعاب الظواهر واكتشاف الأهداف التي تضمها الصورة.

دلائل التحليل:

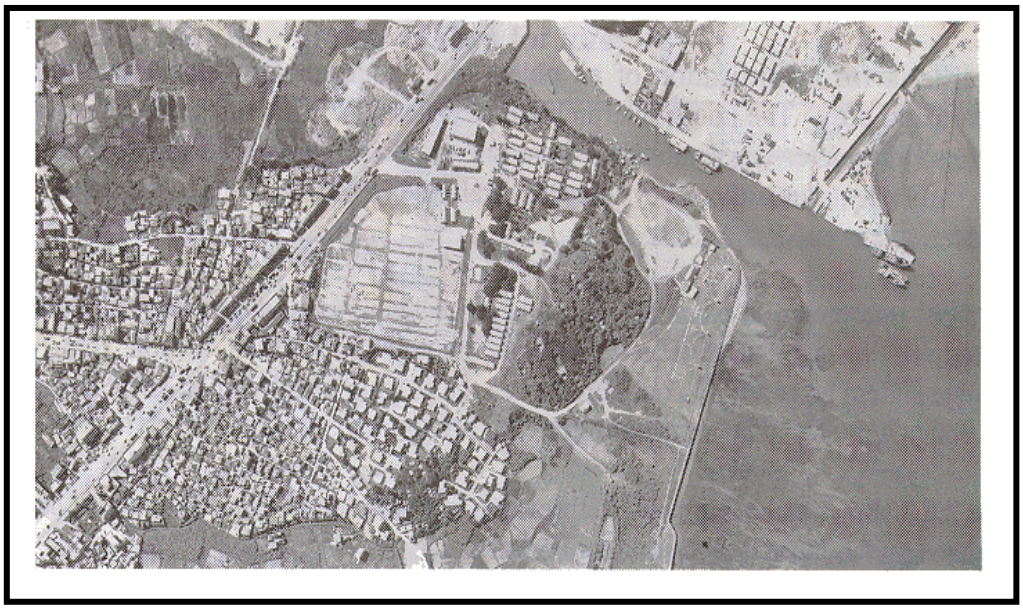
يتم التعرف على الظواهر (أو الأجسام أو الأشياء) عند تفسير الصور بالاستعانة بمعلومات تمثل خصائص الصور الملونة أو صور من نوع أبيض وأسود، وتتضمن هذه الخصائص ما يلي: 1- تدرج اللون/اللون. 2- الحجم. 3- الشكل. 4- النسيج. 5- النمط. 6- الارتفاع.

1- التدرج اللوني/اللون:

يمثل تدرج اللون في الصورة مقدار الأشعة المنعكسة من سطح الأرض ويتراوح تدرج اللون في الصور من نوع الأبيض/الأسود بين اللون الأسود ودرجات مختلفة من اللون الرمادي واللون الأبيض، عموماً كلما زادت الأشعة المنعكسة من الأجسام الموجودة على سطح الأرض فإنها تظهر في الصورة بلون فاتح يقرب من اللون الأبيض، وتحدد طبيعة ولون مواد السطح مقدار الأشعة المنعكسة إلى الفلم، ولذلك نجد أن الأراضي الجرداء (القاحلة) تظهر بلون فاتح ويصبح اللون غامقاً كلما تزايدة الرطوبة على السطح. هذا وتلعب زاوية سقوط أشعة الشمس على الأرض دوراً أساسياً في تحديد درجات اللون في الصور. بشكل عام فان المسطحات المائية تظهر في الصور بلون داكن نسبياً، بينما نجد أنها تظهر في الصور بلون فاتح أو بلون ابيض إذا ما انعكست جميع أشعة الشمس الساقطة على السطح المائي، عموماً كلما ازدادت زاوية سقوط أشعة الشمس كلما ظهرت الأجسام على الصور بلون فاتح وفي المناطق شديدة التضرس والتقطع وحيث توجد سفوح بدرجات ميل مختلفة ومتفاوتة فإنها تظهر على الصور بدرجات لون متفاوتة أيضاً.

وتجدر الإشارة إلى أهمية اللون في تفسير الصور إذ يراعي في هذا المجال تمييز ما يلي:

- اختلاف اللون ودلالته.
- اختلاف درجات اللون (غامق أو فاتح).
- اختلاف نقاء اللون (صفاء اللون من حيث عدم وجود اللون الأسود، فالألوان النقية هي الألوان الخالية من اللون الأسود).



2- الحجم:

يقصد بالحجم أبعاد الظواهر الموجودة في الصور، وترتبط الأبعاد ارتباطاً مباشراً بمقياس الصورة، إذ يمكن بسهولة تمييز الطرق الرئيسة عن الفرعية، والمساكن المفردة عن البنايات الكبيرة التي تحتوي على عدد كبير من الشقق، وبمعرفة مقياس الصورة يمكن قياس أبعاد الأجسام بسهولة ومن ثم حساب مساحاتها كما هو الحال عند حساب مساحات الأراضي الزراعية، أو حساب الحجوم عند حساب حجم الخزانات المائية وغيرها.

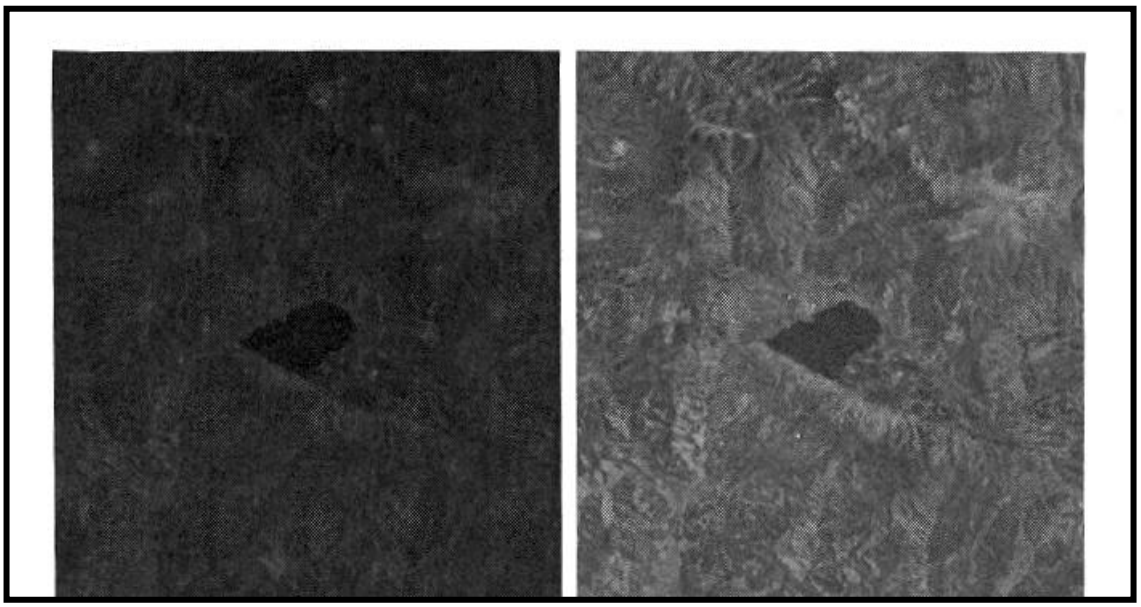
3- الشكل:

وهو متغير نوعي يصف الشكل الخارجي للأشياء التي تظهرها الصور ولذلك يعتبر الشكل من الأسس الهامة التي تساعد على تميز الظواهر ومعرفتها، وتبرز أهمية الشكل كأداة تمييزية عند تجسيم الصور باستخدام الرؤيا المجسمة ثلاثية الأبعاد (الستيريوسكوب)، فيحدد ارتفاع الجسم أيضا شكله أي لكل جسم على سطح

الأرض شكل معين يتميز به ولكل شكل مدلوله بالنسبة لمفسر الصور فالشكل مثلاً يساعد مفسر الصورة على تمييز الشوارع عن المطارات وملاعب كرة القدم، والخزانات المائية، السود والمباني العالية والأبراج في وسط المدينة عنها من المباني السكنية على الأطراف وغيرها، كما يمكن تمييز الطرق بشكلها المتصل الطويل الضيق عن خطوط السكك الحديدية باستقامتها وانحنائها المنظم.

4- النسيج:

يقصد بالنسيج درجة خشونة أو نعومة اللون في الصور وتكرار تغير تدرج اللون عندما تصور عدة ظاهرات معاً في صورة واحدة، كما تنجم عن تجمع واحدات المعالم التي يمكن أن تكون صغيرة لدرجة يصعب تمييز كل منها على الصورة مثل أوراق الأشجار وظلال الأوراق، ويتغير النسيج بتغير مقياس الصورة فمثلاً يختلف نسيج غابة ما في صورة ذات مقياس 1/50000 عن النسيج لنفس الغابة عندما يكون المقياس 1/10000 مثلاً، وتسهم تيجان أشجار الغابة إسهاما كبيراً في تحديد مظهر النسيج في الصورة عندما يكون مقياسها كبيراً، ولهذا تعتبر طبيعة النسيج الذي يظهر في الصورة من الخصائص التي تساعد في التعرف إلى الظواهر وتمييزها، وعموماً يمكن تمييز أصناف رئيسية ثلاثة من النسيج هي: الناعم، المبرغل، الخشن.



فالمسطحات المائية الهادئة تظهر بنسيج ناعم، بينما تظهر الأراضي المحروثة بنسيج مبرغل وتظهر الغابات في الصور الجوية بنسيج خشن. كما أن تغير نسيج تاج الأشجار مهما في تعرف الأنواع فلبعض الأنواع

مظهر مشوش ولبعضها مظهر ناعم وللأخر مظهر متموج. مع العلم أن هذا العنصر قليل التأثر بعوامل الطقس ونوعية الصورة.

5- النمط:

يظهر النمط لظاهرة معينة كنتيجة للتنظيم والترتيب المكاني لتلك الظاهرة. فتكرار بعض الأشكال العامة أو علاقتها ببعضها البعض يمنح الأجسام نمطا يساعد على تعرفها (فسحة أمام بناء لها نمط خاص يساعد كثيراً في تحديد هويتها كموقف سيارات) كما يمكن بواسطة التجسيم تمييز أنماط الحقول الزراعية، والأنماط العمرانية، وأنماط الشوارع، وأنماط التصريف المائي وغيرها، ولتوضيح النمط يمكن مقارنة الأراضي الزراعية المزروعة بالأشجار المثمرة الناضجة بالأراضي المكسوة بالغطاء النباتي الطبيعي حيث يلاحظ اختلافاً واضحاً في نمط كل من الظاهرتين. وهذه الصفة تميز العديد من الأشياء المصنوعة من قبل الإنسان مثل المنازل والمصاطب وقنوات الري.

6- الارتفاع:

وهو من عناصر التحليل الهامة في الصور كبعد ثالث يتعدى قياس البعدين الطول والعرض لجسم ما في صور فردية أو متعددة بالرؤية الستريوسكوبية أومن خلال الصور المائلة.

دالات التحليل (دلائل التحليل غير المباشرة)

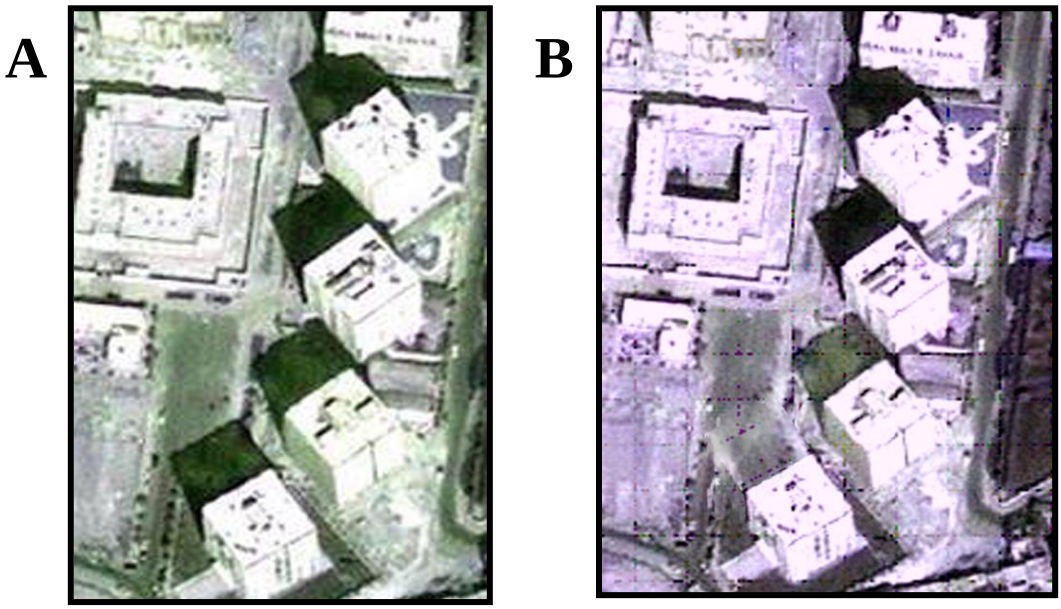
هي العلامات التي يمكن التعرف عليها على الصورة الفضائية والتي تساعد على اكتشاف بعض الأهداف التي لا يمكن اكتشافها أو التعرف عليها مباشرة باستخدام دلائل التحليل وهي: الظل، الترافق (ارتباط)، التوجه، الموقع.

1- الظل:

وهو الظل الساقط للأهداف على سطح الأرض ويعتمد على زاوية وقوف الشمس وارتفاع الهدف يفيد استخدام الظل في:

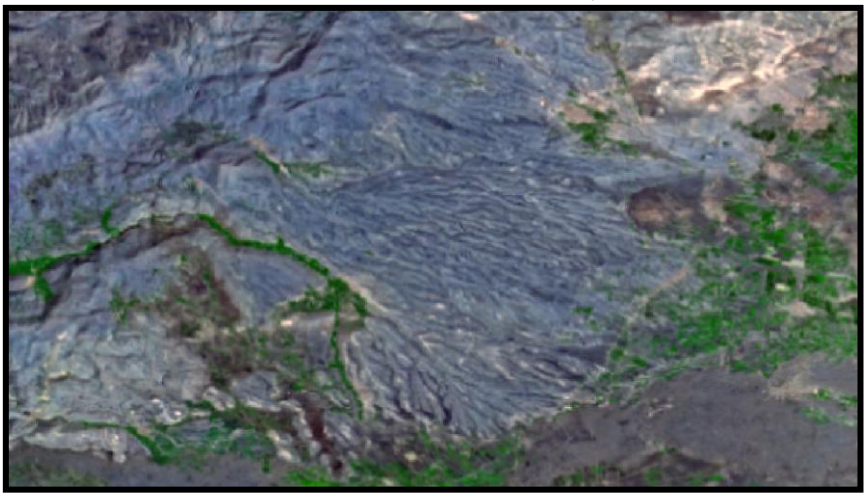
أولاً- الحصول على انطباع ثلاثي الأبعاد:

تفيد ظلال الأهداف في الحصول على انطباع ثلاثي الأبعاد عن الصورة الفضائية تمكن المحلل من تخيل التضاريس والمورفولوجيا. يظهر الشكل التالي صعوبة الحصول على انطباع ثلاثي الأبعاد لو تم استبعاد الظلال من الصور الفضائية.



الشكل (6-1) A :الحصول على انطباع ثلاثي الأبعاد للأبنية الأربعة الواضحة على الصورة، B :تم تخفيف ظل البناء الثاني من الأسفل وإزالة ظل البناء السفلي، وبالتالي ترى صعوبة الحصول على انطباع ثلاثي الأبعاد للبناءين السفليين.

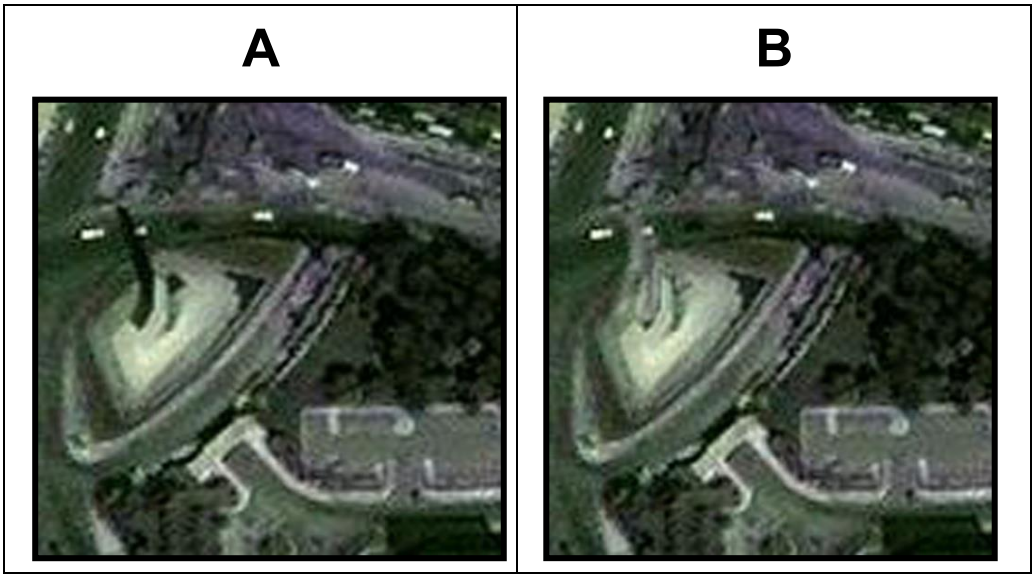
إن الظل لا يلعب دوراً هاماً فقط في الصور ذات قدرة التمييز العالية بل يمكن أن يلعب دوراً في الصور ذات قدرة التمييز الصغيرة. مثل الشكل التالي:



الشكل (6-2) الحصول على انطباع ثلاثي الأبعاد للتلال الواقعة وسط الصورة نتيجة ظلالها

ثانياً- تحديد معالم الأهداف المدروسة بدقة:

عدا عن الانطباع ثلاثي الأبعاد الذي يعطيه الظل فإنه يساعد أيضا في تحديد شكل الهدف ومعالمه كما في الشكل التالي.



الشكل (6-3) A: الهدف دون ظل، لا يمكن التعرف عليه، B: الهدف مع الظل يفيد في التعرف على الهدف بشكل جيد

ثالثاً- تحديد ارتفاع الهدف عن سطح الأرض:

إن التفاوت في طول الظل الساقط يمكن المفسر البصري من تحديد ارتفاع الأهداف وكلما كان الظل أطول كلما كان الهدف مرتفعا أكثر كما في المثال التالي:

الشكل (6-4) يتناسب طول ظل الهدف مع ارتفاعه

مثال:

لو علمنا أن أحد الأبنية ارتفاعه ثلاثة طوابق وتم قياس ظله فكان 3 سم. فكم يبلغ ارتفاع بناء ظله 6 سم.

الجواب: ارتفاع البناء ذو الطوابق الثلاثة = 3×3م=9م.

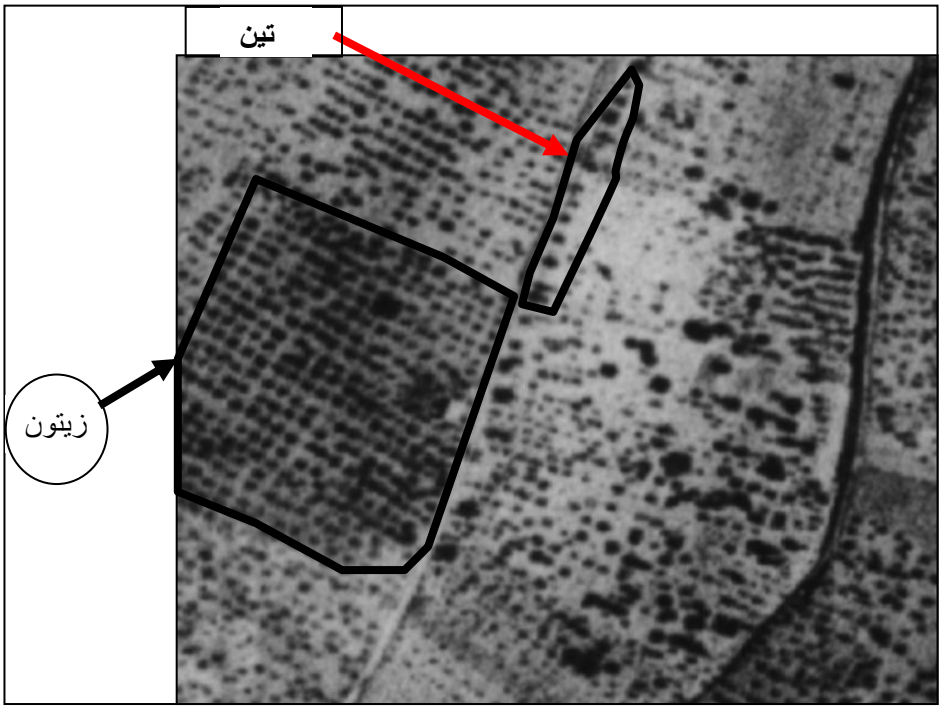
ارتفاع البناء المجهول:

العلاقة			
3 سم	يقابل	9 م	
6 سم		x	

و بالتالي x=(9×6)÷3=18م ÷ (3م للطابق) = 6 طوابق

رابعاً- تمييز الأهداف بعضها عن البعض الأخر:

يفيد الظل في توضيح المسقط العلوي للأهداف متساوية الارتفاع ويستخدم الظل الخاص للأجسام والظل الساقط في تمييز الأهداف ذات الارتفاع الواحد، مثال تمييز أشجار التين عن الزيتون بالرغم من أن ارتفاعهما واحد.



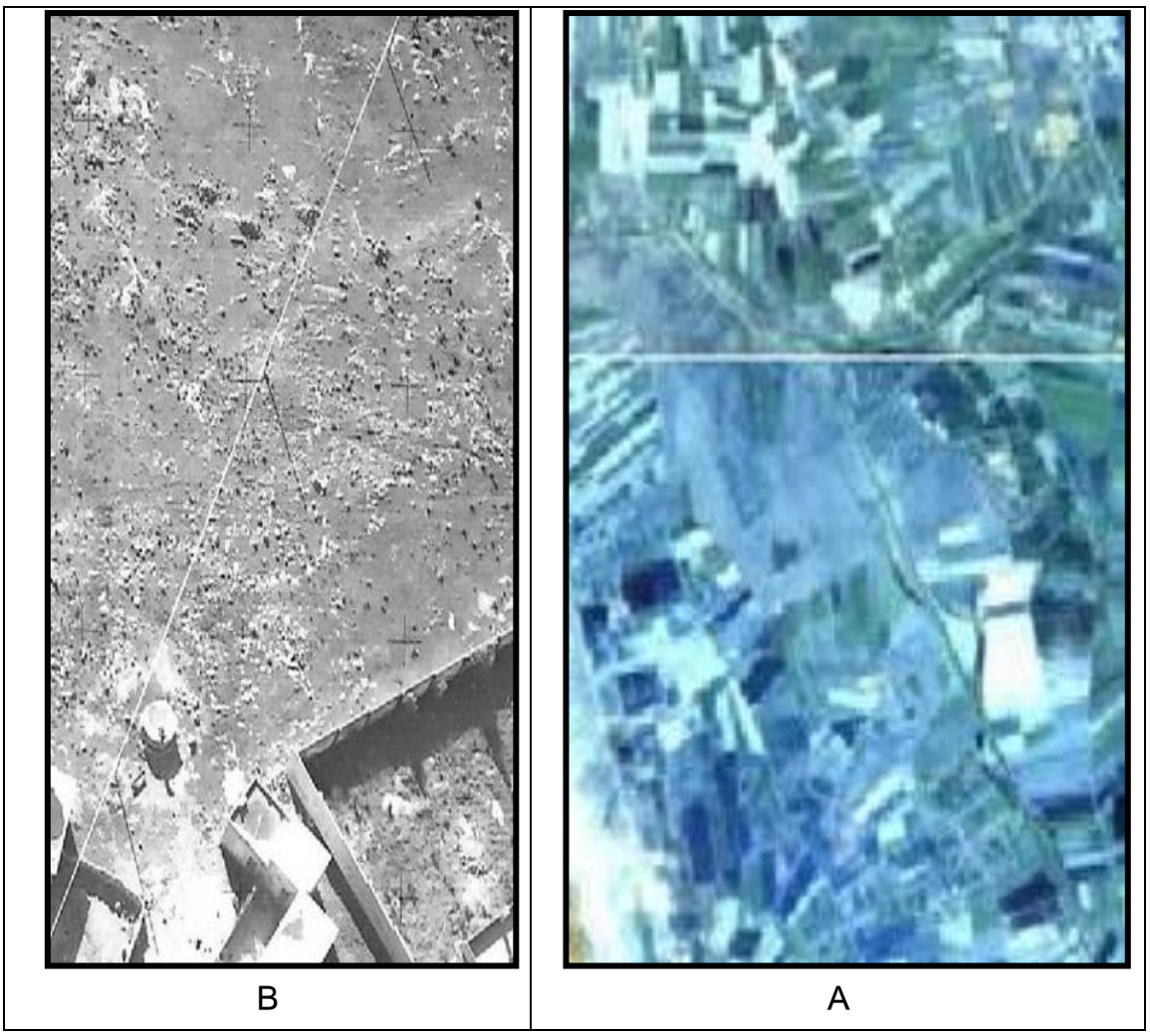
الشكل (6-5) يمكن تمييز أشجار التين عن الزيتون حسب الشكل الذي يأخذه المسقط العلوي للتاج وظله

كما يلعب شكل الظل في تمييز الأهداف بعضها عن البعض الآخر حيث يأخذ ظل الأشجار المتساقطة شكل المكنسة الناتج عن الأغصان العارية بينما الأشجار المستديمة يأخذ الظل شكل التاج بالكامل وبالتالي يمكن التمييز بينهما ولو ظل الأشجار المتساقطة لاعتبرت المساحات التي تشغلها مساحات غير مزروعة، كما يظهر من الشكل التالي.

خامساً- تمييز الأهداف غير الواضحة على الصورة:

كثير من الأهداف يصعب تمييزها على الصور دون الظلال فمثلا الخط الأبيض المائل في الشكل (B-6-6) لا يمكن تمييزه ما لم يتعرف المفسر على ظلال الأعمدة التي ترتبط به، وبالتالي يمكن معرفة أن هذا الخط

هو ليس طريق وليس عيبا في الصورة بل هو خط نقل الطاقة دلت عليه ظلال الأعمدة المرتبطة به على الصورة، هذه الأعمدة بدورها لم يكن المفسر البصري ليعرفها ويميزها لولا ظلالها الساقطة.



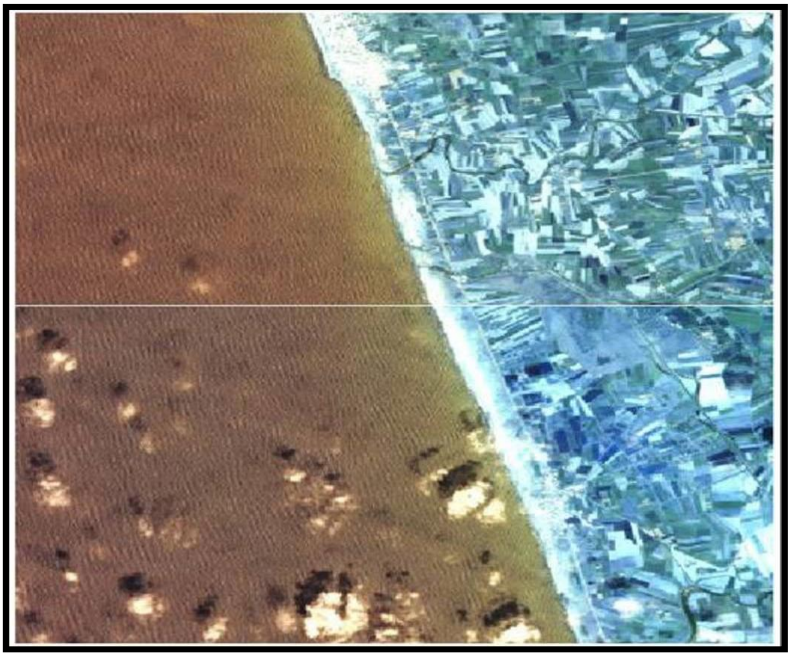
الشكل (6-6) A: الخط الأبيض العرضي المتوسط للصورة لا يرتبط بأي من معالم الصور وبالتالي هو عيب ناتج عن تجميع الصور، B: بينما الخط الأبيض المائل مرتبط بظلال تدل على الأعمدة التي تحمله وبالتالي هو خط نقل الطاقة.

سادساً- تقييم الحالة العامة للأهداف (الأشجار المثمرة):

يمكن من دراسة الظل الساقط للأشجار المثمرة تقدير الحالة العامة للشجرة ومعرفة وجود أفرع جافة أو معراة ووجود فجوات في تاج الشجرة ناتجة عن الصقيع أو التقليم غير المناسب .

سابعاً- تمييز الغيوم عن الأهداف الأرضية:

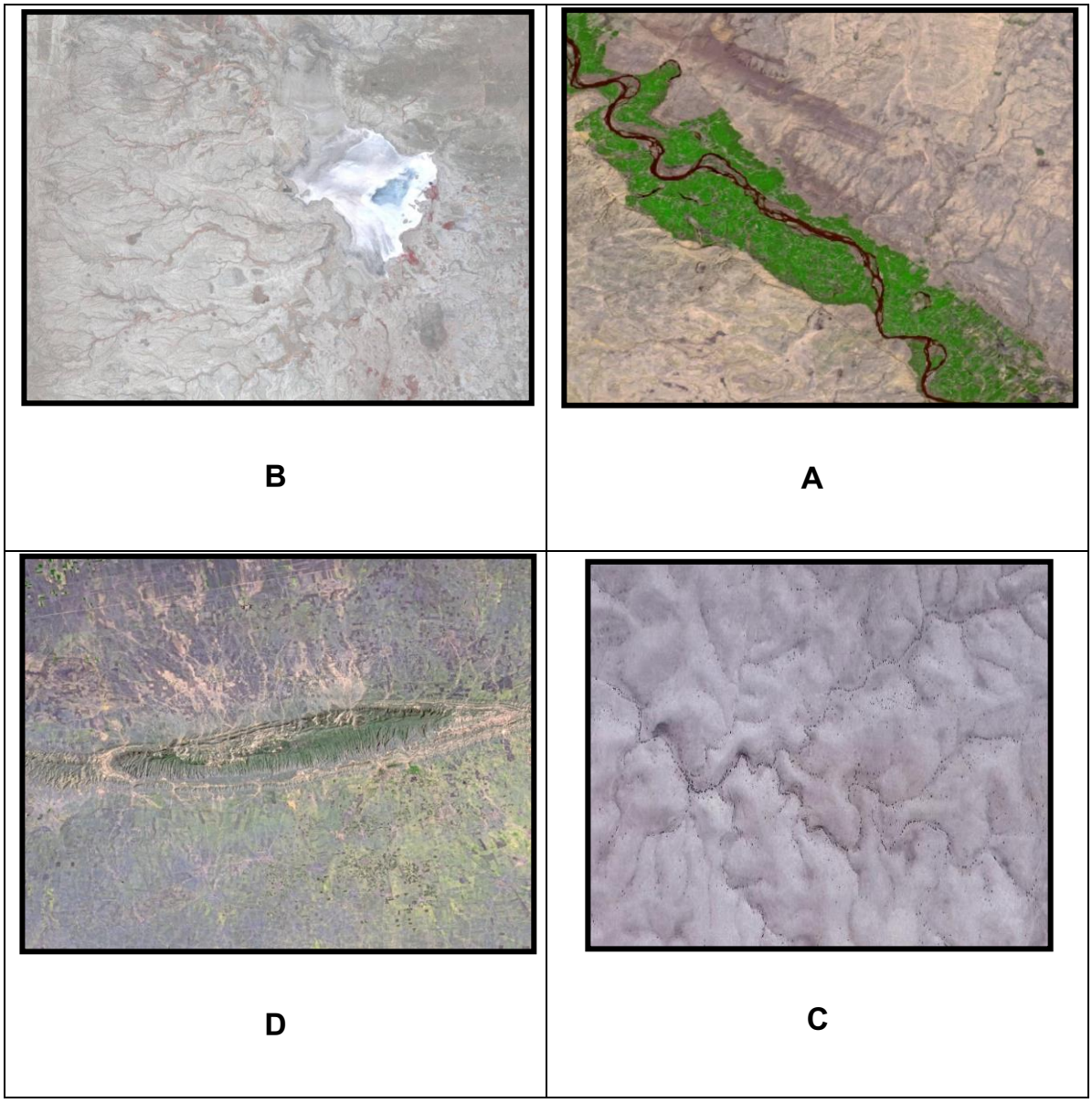
يمكن تمييز الغيوم عن الأهداف الأرضية التي تأخذ نفس اللون بوجود ظل ساقط للغيوم يأخذ نفس الشكل كما في المثال التالي.



الشكل (6-7) تدل الظلال الساقطة على الغيوم في الجزء اليساري الأسفل للصورة بينما بقية الأهداف المنتشرة على الساحل والتي تأخذ نفس اللون لا يوجد لها ظلال.

2- الترافق(الارتباط):

يرتبط العديد من الأهداف الطبيعية بعضها بالبعض الآخر ولو استطاع المفسر البصري للصورة الفضائية التعرف على هدف من الأهداف لاستطاع التعرف على الهدف المرتبط به. و هناك العديد من الأمثلة، مثل ارتباط الزراعات المروية بأسرة الأنهر، ارتباط التكشفات الصخرية التي تظهر على الصورة الفضائية مشابهة للسبخات بأقدام الجبال، و كذلك ارتباط شبكة المسيلات الكثيفة بالجبال، ارتباط الأشجار الحراجية (أو نوع معين من الأشجار الحراجية) الطبيعية بالمسيلات، ارتباط الأشجار المحبة للظل بالسفوح الظليلة، وارتباط الأشجار والنباتات المحبة للضوء بالسفوح الشميسة، ارتباط السبخات بالمنخفضات الأرضية، وارتباط الحرائق بالأدخنة المتصاعدة عنها.



الشكل رقم (6-8) A: ارتباط الزراعات المروية بالنهر، B: ارتباط السبخة بالمنخفض، C: ارتباط أشجار البطم في جبل البلعاس بالمسيلات، D: ارتباط المسيلات والتكشفات الصخرية بأقدام الجبال.

3- التوجه:

تفيد دالة التوجه في تفسير نوع الظاهرة عن طريق تحديد العلاقة بين اتجاه الظاهرة المدروسة والعوامل المناخية التي من أهما الرياح والأمطار، وهي تستخدم خاصة في ربط أشكال تدهور الأراضي والتصحر بالعوامل الرئيسة المسببة لها. فمثلا يرتبط ترسيب الرمال وأشكال التضاريس الريحية بحركة وسرعة واتجاه الرياح السائدة والموسمية، كما يرتبط الانجراف المائي بجهة حركة المياه السطحية

4- الموقع:

ويقصد بالموقع هنا موضع ظاهرة معينة في الصورة بالنسبة إلى ظواهر أخرى ذات أهمية معروفة وخصائص متميزة بناءً على موضعها، ويفيد مفهوم الموضع في الصور في القيام بعملية تجميع أفراد الظواهر التي تم التعرف إليها، فإذا تم تمييز أشجار المانجروف في صورة ما فإن هذا مؤشراً على أن المنطقة التي يوجد فيها شجر المانجروف منطقة ساحلية تغطيها الفيضانات الموسمية من مياه البحر. كما يساعد في تحديد هوية أنماط الغطاء النباتي إذ يتوقع مثلا وجود بعض أنواع الأشجار في مواقع مرتفعة جرى صرف الماء منها تماماً في حين يتوقع لأنواع أخرى من الأشجار أن توجد في مواقع منخفضة كان صرف الماء منها ضعيف.

7

معالجة الصور الرقمية

Digital Image Processing

يمكن تقسيم عمليات معالجة الصور الرقمية إلى أربع عمليات أساسية تتم كلها بواسطة الحاسوب وهي:

1- تصحيح (ترميم) الصورة الرقمية Image Restoration:

وهي العملية التي يتم فيها معالجة الأخطاء في البيانات المدخلة وإعادة الصورة الرقمية إلى الهيئة التي يفترض أن تكون عليها إذا لم يصحب عملية التصوير مصادر للتشوه أو الأخطاء. وتسمى الأخطاء التي تصحح في هذه المرحلة الأخطاء الهندسية والأخطاء الإشعاعية والضجيج في المعطيات أو البيانات المدخلة. وهذه العملية أيضا يطلق عليها المعالجة الأولية، ذلك لأنها تسبق عمليات معالجة الصورة الرقمية التي يتم فيها تحسين الصورة واستنباط المعلومات منها.

إن البيانات الأولية (الخام) للمستشعرات لا تمثل بشكل دقيق الأهداف الأرضية التي تم تصويرها وذلك لأن هذه البيانات تتعرض لبعض التشويه أثناء عملية المسح والتحويل إلى بيانات رقمية.

وهنالك عوامل عديدة تؤدي إلى هذا التشويه مثل الغلاف الجوي وتأثيره على الطاقة التي يتحسسها المستشعر أثناء المسح، وحركة الحامل سواء كان طائرة أو قمر صناعي، ودوران الأرض. ينتج من كل هذه العوامل تشوه إشعاعي وتشوه هندسي وضجيج منتظم وعشوائي في البيانات التي يسجلها جهاز الاستشعار.

ولذلك فإن القيم الرقمية لوحدات الصورة الرقمية لا تمثل تماماً الطاقة التي عكسها الهدف الأرضي المقابل، كما وأن الموقع المكاني للهدف الأرضي على الصورة الرقمية لا يرتبط بصورة دقيقة مع موقعه على الأرض

ويتطلب الأمر إجراء عمليات تصحيحية للبيانات الأولية، يطلق عليها ترميم البيانات أو المعالجة الأولية للبيانات، بمعنى أن هذه البيانات المستقبلة من جهاز الاستشعار يتم ترميمها أو تصحيحها أو معالجتها قبل الشروع في المعالجة التي تؤدي إلى تحسين البيانات واستخلاص المعلومات منها.

التصحيح الهندسي Geometric Correction:

تحتوي بيانات الصورة الرقمية الخام عادة على تشوهات هندسية كبيرة بحيث لا يمكن عمل قياسات مساحية دقيقة عليها. ومصادر هذه التشوهات الهندسية من ناحية عامة هي:

- تغير ارتفاع منصة حامل جهاز الاستشعار وتغير توجيهها وسرعتها.
- انحناء أو كروية سطح الأرض، ويزداد التشوه كلما زاد ارتفاع الحامل.
- انكسار الأشعة خلال مرورها من طبقات الغلاف الجوي.
- دوران الأرض أثناء عملية المسح.
- تغير التضاريس.
- تشوهات ناتجة من جهاز الاستشعار.

والغاية من عملية التصحيح الهندسي هي تصحيح موقع وحدة الصورة وبالتالي وضع الهدف الأرضي في موقعه الهندسي الصحيح في الصورة.

ويمكن تقسيم الأخطاء الهندسية الناتجة إلى أخطاء منتظمة وأخطاء عشوائية.

من أكثر مصادر الأخطاء الهندسية المنتظمة تأثيراً على بيانات مستشعرات الأقمار الصناعية دوران الأرض أثناء التقاط الصورة.

إن التغير في ارتفاع الحامل وتوجيهه وتغيرات التضاريس وغيرها من العوامل ممكن أن تؤدي إلى تشوهات هندسية عشوائية في بيانات الصورة.

التصحيح الإشعاعي Radiometric Correction:

هنالك عوامل أخرى تتسبب في تشويه الصورة الرقمية من خلال تأثيرها على الطاقة الإشعاعية التي تصل إلى جهاز الاستشعار معكوسة من الهدف الأرضي. ومن هذه العوامل تأثير الغلاف الجوي والتأثيرات الطبوغرافية وتأثير تغير الإضاءة بسبب موقع الشمس بالنسبة للأرض.

إزالة الضجيج Noise Removal:

يعرف الضجيج بأنه الاضطراب أو التشوه الذي يحدث في الصورة المصورة. بسبب قصور في جهاز الاستشعار مثل الانزياح الدوري للمستكشف والتداخل بين مكونات جهاز التحسس أو خلل في عملية تسجيل البيانات. وقد يؤدي الضجيج إلى تردي محتوى الصورة الرقمية أو حجبها تماماً، ولذلك فإن إزالة الضجيج أمر ضروري حتى تصبح الصورة أقرب إلى المشهد الأصلي للأهداف المصورة. وتسبق هذه العملية عمليات تحسين بيانات الصورة وتصنيفها.

وتعتمد تقنيات تصحيح الضجيج على معرفة نمط الضجيج: هل هو ضجيج منتظم ودوري أم هو ضجيج عشوائي أم مزيج من الاثنين.

2- تحسين الصورة الرقمية Digital Image Enhancement:

وهي عملية معالجة تجرى على بيانات الصورة الرقمية يتم فيها تحسين البيانات واستبدالها ببيانات جديدة تصبح فيها الصورة أكثر وضوحاً مما يسهل عملية تفسير محتويات الصورة والتعرف على الأهداف التي تغطيها بدقة أكبر. وتتضمن هذه العملية تقنيات تهدف إلى زيادة الفوارق البصرية بين المعالم في الصورة. ومن هذه التقنيات التحسين الإشعاعي للصورة بتقنيات تمديد التباين وتحسين الصورة المكاني باستخدام تقنيات الترشيح والتحسين الطيفي للصورة باستخدام تقنيات تحويل بيانات الصورة الرقمية.

أ- التحسين الإشعاعي للصورة الرقمية Radiometric Enhancement of Digital Image:

أن التدرج الرمادي للصورة الرقمية والذي تمثله الأعداد الرقمية يبدأ من الرقم 0 والذي يمثل ضعفاً شديداً في الشعاع الواصل للمستكشف وبالتالي يمثل اللون الأسود في الصورة المرئية، ويستمر التدرج بزيادة الأشعة وبالتالي زيادة العدد الرقمي حتى نصل إلى أقصى أشعة تصل إلى المستكشف وتمثل بالرقم 255 معبراً عن

اللون الأبيض الناصع في الصورة المرئية. أما من الناحة العملية فإن الأعداد الرقمية التي تمثل وحدات الصورة تنحصر في نطاق معين داخل هذا التدرج. وكلما انحصرت الأعداد الرقمية في نطاق ضيق من هذا التدرج كلما ظهرت المعالم في الصورة المرئية الناتجة بألوان متقاربة جداً مما يجعل تمييزها من بعضها البعض أكثر صعوبة. فإذا انحصرت هذه الأعداد الرقمية في جزء من التدرج قريباً من الصفر كانت الصورة قاتمة بوجه عام، وإذا انحصرت في الأعداد الكبيرة قريبة من الرقم 255 ظهرت معالم الصورة بيضاء بوجه عام وصار التباين بينها ضعيفاً.

يمكن تعريف التباين بأنه تدرج وتوزيع قيم وحدات الصورة الرقمية على المقياس من 0 إلى 255 المستخدم بواسطة الحاسوب، وبمعنى أوضح هو التدرج من المناطق المظلمة في الصورة إلى المناطق المضيئة.

حتى يسهل تفسير الصورة يتم تحسينها إما بتغيير التباين ليشمل كل التدرج الرمادي أو تحويل التدرج الرمادي إلى تدرج لوني.

ولإجراء تحسين لهذا التباين أو للوضوح الإشعاعي للصورة هنالك تقنيات متعددة وجل هذه التقنيات تنطلق من مبدأ تمديد التدرج الرمادي أو توزيع الأعداد الرقمية لوحدات الصورة بحيث تغطي كل المدى الممكن، أي من السواد الداكن إلى البياض الناصع أو من العدد الرقمي 0 إلى العدد الرقمي 255، كما وأن هنالك تقنيات يتم فيها تحويل التدرج الرمادي في الصورة إلى ألوان زائفة، كل ذلك الغرض منه تسهيل عملية تفسير الصورة واستنباط المعلومات منها.

التحسين بالألوان Color Enhancement :

إن استخدام الألوان في عرض وتحسين الصور الرقمية يعتبر مفهوماً مهماً في معالجة الصور الرقمية ذات نطاقات الطيف المتعددة حتى يستطيع محلل الصور أن يستنبط منها معلومات أكثر عند النظر إليها لتفسيرها وتصنيفها. إن العين البشرية محدودة القدرة في تمييز درجات الرمادية (تستطيع العين ان تميز حوالي مائتين درجة فقط من درجات اللون الرمادي الذي يتدرج من الأبيض إلى الأسود) ولكنها تتمتع بقدرة عالية في تمييز الألوان (تستطيع العين البشرية أن تميز ما يربو على الالفين من درجات العين الطبيعية).

إن كل النظم المستخدمة لعرض الصور الرقمية تستخدم نظام إضافة الألوان المركبة باستخدام الثلاث الوان الرئيسية (الأحمر R والأخضر G والأزرق B).

في مجال الاستشعار عن بعد تستطيع المستشعرات أن تتحس أجزاء من الطيف لا يمكن للعين المجردة أن تتحسسها مثل الأشعة فوق الحمراء (Infra Red). وحتى تستطيع العين البشرية أن تدرك ما تمثله هذه الحزم الطيفية لابد من مزج ازواج من الوان العرض الرئيسية (أحمر، أخضر، أزرق) مع الحزم الطيفية في نظام الإبصار حتى تتكون نتيجة ذلك صور ملونة.

ب- ترشيح الصور الرقمية Image Filtering:

إن التحسين الإشعاعي للصورة الرقمية (الذي شرحناه في الفقرة السابقة) يتم لكل وحدة من وحدات الصورة منفردة فان عملية الترشيح أو التصفية (filtering) والتي تطبق على الرقم العددي لوحدة الصورة بناءً على الاعداد الرقمية لوحدات الصورة المجاورة تؤدي إلى ما يسمى بالتحسين المكاني (spatial enhancement) للصورة، ولذلك فان هذه التقنية أو العملية يطلق عليها ايضا الترشيح المكاني (spatial filtering).

مرشح الصورة الرقمية:

يمكن تعريف المرشح أو المصفاة (filter) بأنه مصفوفة أرقام تستخدم في عمليات حسابية بسيطة للحصول على صورة رقمية جديدة يتم فيها تغيير الاعداد الرقمية لوحدات صورة الاصل. هذه المصفوفة يمكن أن تكون مربعة وهي الأكثر استعمالاً (3 صفوف×3 أعمدة أو5 صفوف×5 أعمدة)، كما يمكن أن تكون مستطيلة، ويتم تصميم أرقام المرشح من قبل محلل البيانات على الوجه الذي يقتضيه الاستفادة من المرشح.

ت- تحويل الصور الرقمية Image Transformation:

كل عمليات تحسين الصورة التي تم ذكرها حتى الآن كانت تجري على صور رقمية ذات نطاق طيفي واحد أو حزمة طيفية واحدة، أو على صور ذات حزمة طيفية متعددة ولكن تجري على حزمة منفردة.

أما في هذه الفقرة سنتحدث عن معالجة الصور الرقمية ذات الحزم الطيفية المتعددة أو الصور ذات النطاق الطيفي الفردي ولكنها مأخوذة لنفس الموقع في أوقات مختلفة.

إن مصطلح "تحويل الصورة الرقمية" يقصد به تغيير قيم البيانات الرقمية الأصلية لوحدات الصورة بقيم جديدة تساعد في عمليات تفسير الصورة. ويمكن تقسيم أهم عمليات التحويل إلى مجموعتين. المجموعة الأولى

تعرف "بطريقة التحويل النظرية" ويتم فيها التحويل بإجراء عمليات حسابية كعمليات الجمع والطرح والقسمة وبتطبيق نماذج رياضية معينة. والطريقة الثانية تعرف "بطريقة التحويل التجريبية" متل تحويل المركبات الأساسية وتحويل الألوان والتدرج الإشعاعي.

3- تصنيف الصورة الرقمية Image Classification:

هي العملية التي يتم فيها تحليل بيانات الصورة الرقمية آليا وذلك بوضع قواعد ونظم كمية تعتمد على قيم الإشعاعات الطيفية المتعددة تصمم للحاسب الآلي لاتخاذ القرار للتعرف على الأهداف التي تغطيها الصورة الرقمية بعد تصنيفها إلى مجموعات تمثل أهدافا ذات قيم إشعاعية متماثلة.

يمكن تعريف عملية تصنيف الصورة الرقمية بأنها عملية يتم فيها تحويل الصورة إلى خريطة موضوعية تحمل معلومات عن الظواهر الموجودة في المنطقة المصورة، وذلك من خلال تحديد الظاهرة الأرضية التي تمثلها كل وحدة من وحدات الصورة.

وتعتبر عملية تصنيف الصور الرقمية الخطوة الأهم في عمليات معالجة الصور الرقمية إذ أنها الهدف النهائي لهذه العمليات وهي العملية التي يتم فيها استنباط المعلومات من الصورة بعد إجراء كل عمليات التعديل والتحسين التي تم بحثها في الفقرات السابقة.

إن التصنيف متعدد الأطياف هو عملية يتم فيها توزيع وحدات الصورة على مجموعات أو أصناف بناءً على معايير الطيف للأعداد الرقمية لهذه الوحدات، فاذا حققت وحدة الصورة معايير طيفية معينة أو شروطاً محددة فإنها تنسب إلى الصنف أو المجموعة التي تتصف بهذه المعايير الطيفية.

وبناءً على نوعية المعلومات المطلوب الحصول عليها من البيانات المدخلة فإن هذه الأصناف أو المجموعات يمكن ربطها بظواهر معروفة على سطح الأرض. ومن امثلة مخرجات التصنيف خريطة تبين غطاء الأرض تظهر عليها النباتات والأرضي القاحلة والأرضي الحضرية. ان من أوجه الاختلاف بين الصورة الرقمية والخريطة هو أن الخريطة يمثل فيها كل غطاء أرضي معين برمز أو لون واحد، فعلى سبيل المثال فإن سطح الماء يمثل في الخريطة باللون الأزرق في حين ان الصورة الرقمية يمثل فيها سطح الماء بأعداد رقمية متفاوتة وليس بالعدد الرقمي نفسه. وثمة وجه اختلاف آخر هو أن في الكثير من الخرائط تجد

مساحات بيضاء، بمعنى أنه لا يمثل عليها أي غطاء أرضي، في حين أن الصورة الرقمية تكون تمثيلا رقمياً مستمراً لغطاء الأرض حتى في تلك الأماكن الخالية من الغطاء الأرضي في الخريطة.

إن عملية التصنيف هي عملية يتم فيها التعرف على وحدات الصورة ذات الخصائص الطيفية المتماثلة والتي يفترض أنها تتبع لنفس الصنف وتسجيلها بلون أو رمز واحد. ذلك يعني أننا نعطي كل وحدة صورة رمزاً أو لوناً أو علامة تدل على أنها تمثل غطاءً معيناً لسطح الأرض.

وفي عملية التصنيف يمكن تصنيف منطقة زراعية مثلا للتعرف على الأنواع المختلفة من الحبوب المزروعة فيها أو تصنيف منطقة جبلية للتعرف على أنواع الصخور المختلفة التي تشكل تلك المنطقة.

وهنالك نوعان من عمليات التصنيف هما: التصنيف المراقب والتصنيف غير المراقب.

أ- التصنيف المراقب Supervised Classification:

وهو عملية تصنيف تبنى على معلومات عن الخصائص الطيفية لغطاءات الأرض في المنطقة المصورة سبق الحصول عليها من خلال زيارات ميدانية أو من خرائط أو من صور جوية تغطي المنطقة.

يبدأ محلل الصور بعرض الصورة على شاشة العرض ويحدد عليها مناطق محتارة لكل صنف من أصناف غطاء الأرض في المنطقة المعنية. وتسمى هذه المناطق المختارة مواقع التدريب (training sites).

ومن المفضل أن تكون موزعة على منطقة الدراسة وليست محصورة في جزء واحد منها. تستخدم مناطق التدريب كأمثلة تدخل بياناتها لبرامج التصنيف. ثم يتم حساب معاملات إحصائية من بيانات مناطق التدريب ويتم مقارنة العدد الرقمي لكل وحدة صورة مع هذه المعاملات الإحصائية التي تمثل غطاءات الأرض. فإذا وافق العدد الرقمي لوحدة الصورة خصائص إحدى الغطاءات فإنها تنسب لذلك الغطاء، ونكون بذلك قد صنفنا وحدة الصورة بالانتماء إلى إحدى غطاءات الأرض في المنطقة. ومن ثم يتم وضع رمز أو لون لكل منطقة تمثل أحد أصناف الغطاء الأرضي مما ينتج عنه خريطة موضوعية (thematic map).

وهناك تقنيات مختلفة لعمليات التصنيف الطيفي:

- التصنيف بطريقة المسافة الأقصر من الوسط Minimum Distance Classifier.
- التصنيف بطريقة متوازيات السطوح Parallelepiped Classifier.
- تصنيف الاحتمالية العظمى Maximum Likelihood Classification.

ب-**التصنيف غير المراقب Unsupervised Classification:**

لا تستخدم هذه التقنية معلومات مسبقة عن منطقة الدراسة، أي انها لا تتضمن مرحلة التدريب، وذلك يعني أنه لا توجد إمكانية لتقدير موقع الوسط المركزي للأصناف المختلفة من غطاءات الأرض. وقد يكون هناك عدم معرفة حتى بعدد الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة، وإنما يتم استخدام خوارزميات لتجميع وحدات (عناصر) الصورة ذات الخصائص الطيفية المتماثلة في تجمعات محددة (clusters). هذه التجمعات عبارة عن أصناف طيفية (spectral classes) لم تعرف هوية كل مجموعة منها بعد. وتكون المرحلة الثانية تحديد هوية الغطاء الأرضي الذي يمثل كل مجموعة من مجموعات وحدات الصورة ذات الخصائص الطيفية المتماثلة. تتم هذه العملية باستخدام ما يعرف بالأدوات الذاتية أي بما لدى محلل البيانات من معلومات عن الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة ولذلك يطلق على هذا النوع من التصنيف "التصنيف الذاتي" أو "التصنيف غير المراقب"

4- دمج مجموعة البيانات Data Merging:

وهي عملية يتم فيها وضع برمجيات لإجراء التكامل بين مجموعات متعددة من البيانات لنفس الموقع، مثل التقاط صور رقمية لنفس المنطقة في تواريخ مختلفة للتعرف على التغيرات التي تحدث بمرور الزمن، كما يمكن دمج بيانات الصور الرقمية مع بيانات أخرى مثل النماذج الرقمية لسطح الأرض وبيانات الغطاء الأرضي لاستغلالها في نظم المعلومات الجغرافية.

إن هذا التقسيم لمعالجة بيانات الصور الرقمية لا يعني أن هذه الأقسام غير مترابطة مع بعضها، ذلك أن عملية ترميم الصورة الرقمية لإزالة الضجيج فيها تعتبر من عمليات التحسين (تؤدي دورًا مطابقاً لعملية تحسين الصورة)، كما أن عمليات التحسين تؤدي إلى تسهيل عملية التصنيف ورفع دقتها.

8

تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات الجيولوجية
Applications of Remote Sensing in Geological Studies

مقدمة:

يعتبر الاستشعار عن بعد من الوسائل التقنية الحديثة والمتطورة التي يمكن أن تساهم بدراسة الموارد الطبيعية بمختلف أشكالها وتؤدي بالتالي إلى حل العديد من المشاكل المرافقة للتطور العمراني والحضاري كما أنه لاستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد أهمية كبرى في التنقيب عن الثروات الباطنية وذلك من خلال وضع خرائط جيولوجية وبنيوية تبين التشكيلات المختلفة والقسمات الخطية والفوالق والبنيات الحلقية وعلاقة ذلك بوجود الثروات الطبيعية وتوجيه التنقيب التفصيلي إلى أماكن محددة ويعتمد في ذلك على:

- تحديد البنيات غير الظاهرة والتي لها أهمية كبيرة في وضع الخرائط الجيولوجية والبنيوية والهيدروجيولوجية والتكتونية.
- تحديد نطاقات التصدع والتخلع العميقة المنشأ الموزِّعة والمجمِّعة للتوضعات المفيدة.

ومن هذا المنطلق فإن تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الدراسات الجيولوجية تشمل مجالات واسعة مرتبطة بعمليات التنمية ومنها:

1- تحديث الخرائط الجيولوجية.

2- إعداد الخرائط الجيولوجية.

3- في مجال الدراسات البنيوية والتكتونية.

4- في مجال الدراسات التنقيبية النفطية والغازية.

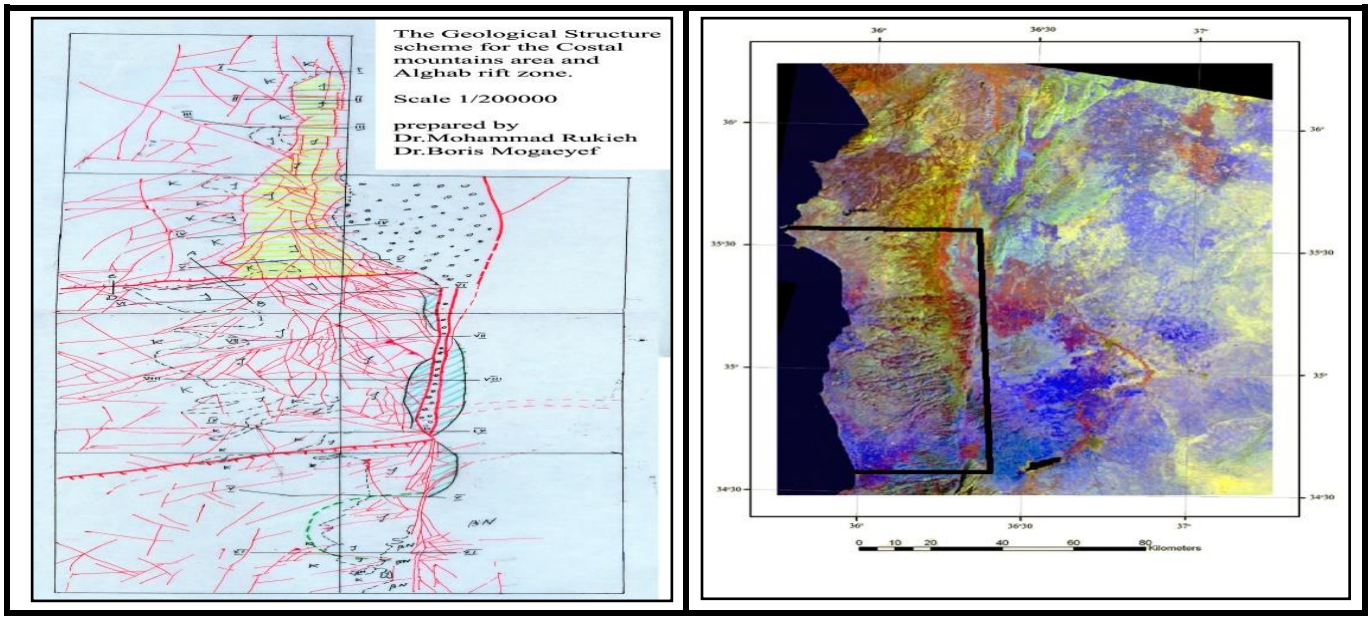
5- في مجال الدراسات الجيوديناميكية والزلزالية.

6- في مجال التنقيب عن الثروات المعدنية.

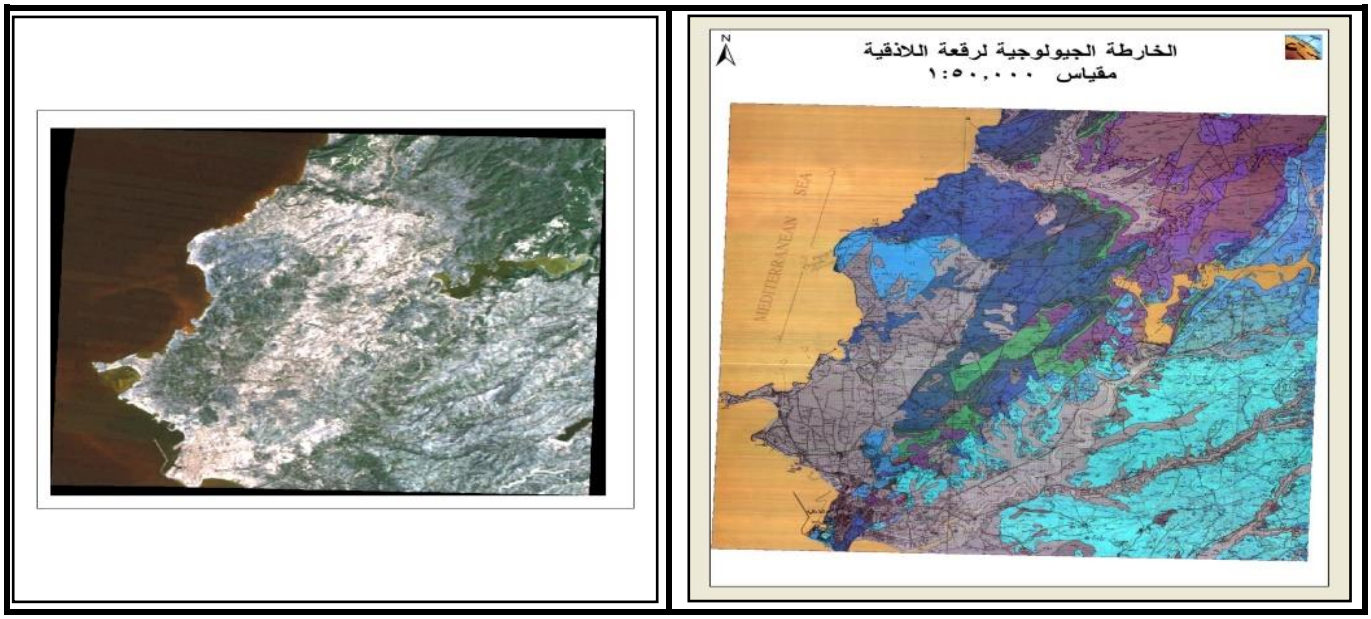
7- في مجال الدراسات الجيوهندسية.

1- تحديث الخرائط الجيولوجية:

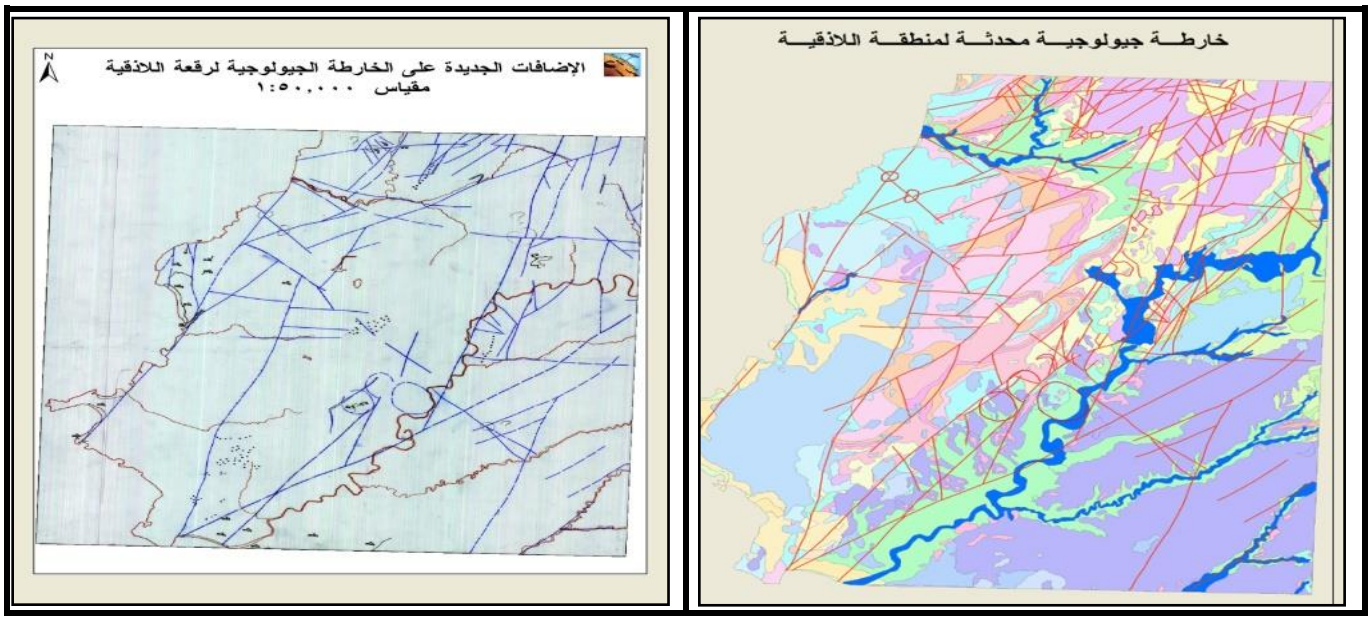
نظراً للتطور الكبير الذي طرأ على تقنيات الاستشعار عن بعد ولاسيما في مجال عدد الباندات المستخدمة وقدرة التمييز العالية للصور الفضائية المتنوعة، فقد أصبح بالإمكان تحديث الخرائط الجيولوجية بمقاييس مختلفة ولاسيما في المناطق ذات التضاريس المعقدة والتي تم إعدادها بالطرق التقليدية وبإمكانيات متواضعة وبتكاليف عالية في الماضي. تسمح تقنيات الاستشعار اليوم بتحديث الخرائط الجيولوجية من خلال رسم الحدود الليثولوجية بشكل دقيق وتمييز بعض التشكيلات الجيولوجية الجديدة وتحديد العديد من الفوالق غير المعروفة سابقاً. تضاف هذه المعطيات الجديدة للخارطة القديمة وإنتاج خارطة محدثة ببيانات جديدة وبشكل رقمي، وتبين الاشكال (8-1، 8-2، 8-3) كيفية تحديث الخارطة الجيولوجية لرقعة اللاذقية.



الشكل (8-1) تفسير وتحليل الصورة الفضائية



الشكل (8-2) الخارطة القديمة مع الصورة الفضائية



الشكل (8-3) الإضافات الجديدة والخارطة الرقمية الحديثة

2- إعداد الخرائط الجيولوجية:

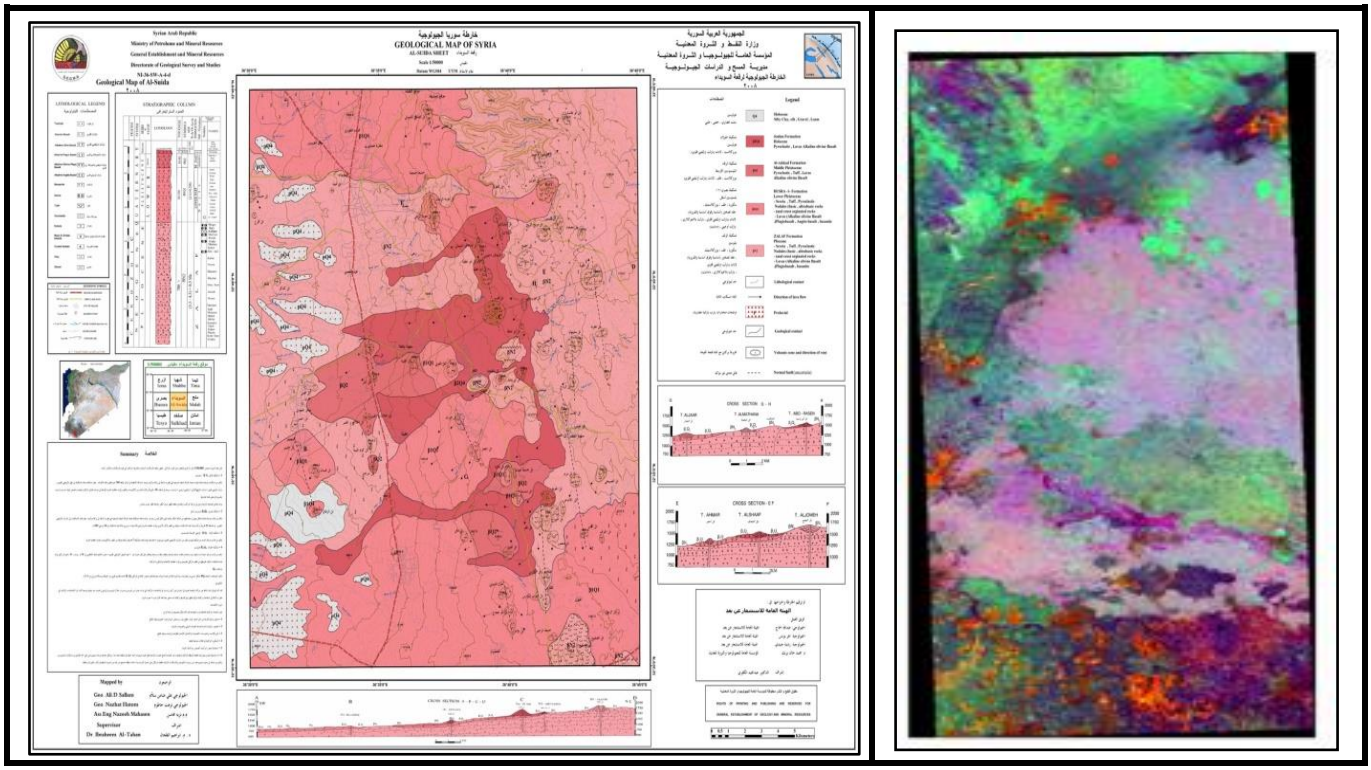
لقد ساعدت تقنيات الاستشعار عن بعد بشكل كبير في دراسة البنيات الجيولوجية وإظهار الحدود الفاصلة بين التشكيلات الليثولوجية المختلفة فمثلاً يمكن أن نميز الحدود الفاصلة للصبات البركانية المختلفة الأعمار والحدود الفاصلة بين الأنواع المختلفة من الصخور الرسوبية والنطاقات التكتونية (الفوالق والقسمات الخطية).

فمثلاً يمكن أن نميز ضمن المناطق البركانية الصبات المختلفة الأعمار كما يمكن التمييز وبوضوح كبير الصبات الحامضية عن الصبات الأساسية التركيب إذ تنعكس الصخور الحامضية على الصور الفضائية بلون رمادي فاتح وهذا ناتج عن ارتفاع نسبة السيليكات الألومينية في مثل هذه الصخور بينما تظهر الصخور الأساسية وفوق الأساسية بلون قاتم حيث أن شدة القتامة تتناسب طرداً مع زيادة الأوليفين في الصخور وعكساً مع تناقص نسبة الكوارتز.

حيث يمكننا وضع خارطة للمنطقة حسب توزع الأنواع المختلفة من الصخور البركانية وبالنسبة للحد الفاصل بين التوضعات الرسوبية والمقذوفات البركانية فيمكن ملاحظته بسهولة كبيرة وتظهر المخاريط البركانية على شكل نقطة قاتمة اللون بالمقارنة مع الوسط المحيط وتظهر التوضعات الرباعية الهشة بأشكال وبقع ليس لها شكل محدد.

يمكن من خلال تفسير الصور الفضائية وضع:

- خارطة جيولوجية أولية للمنطقة حسب توزع الأنواع المختلفة من الصخور البركانية والرسوبية والنطاقات التكتونية.
- إجراء بعض التدقيقات الحقلية لنتائج تفسير الصور الفضائية.
- وضع الخارطة الجيولوجية النهائية وإخراجها بالشكل الرقمي القابل للتحديث بسهولة، الشكل (8-4).



الشكل (8-4) إعداد خارطة جيولوجية بنتيجة تحليل وتفسير الصورة الفضائية

3- في مجال الدراسات البنيوية والتكتونية:

إن الكثير من المعلومات الجيولوجية يمكن أن تأخذ عن طريق نتائج تفسير وتحليل الصور الفضائية ولاسيما في مجال التكتونيك ويمكن أن تزيد نسبة هذه المعلومات وفقاً لمقياس الصور الفضائية المستخدمة.

من المظاهر التكتونية الهامة التي يمكن تفسيرها على الصور الفضائية القسمات الخطية الأرضية والبنيات الحلقية.

أ-**القسمات الخطية الأرضية:** هي عبارة عن مظاهر خطية طبيعية تتألف من مظاهر طبوغرافية بما في ذلك قسم كبير من شبكات التصريف المائية المختلفة الدرجات، أو مظاهر نباتية أو لون معين من التربة مصطفة على شكل خطوط مرئية على الصور الفضائية وترى بوضوح على مسافة مستمرة ويمكن التعبير عنها بخطوط مستمرة أو متقطعة تمتد لعدة كيلومترات. يمكن لهذه القسمات أن تقسم إلى قسمين بسيطة ومركبة. فالبسيطة

تكون ذات نمط واحد من المعالم مثل مجرى مائي على شكل مستقيم أو منحدر طبوغرافي أو جروف. أما القسمات الخطية المركبة فتكون مكونة من أكثر من نمط بسبب وجود اختلافات التباين اللوني للمعالم السطحية مثال ذلك اجتماع شبكات التصريف المائية والنتوءات الصخرية وسلاسل الجبال.

إن القسمة الخطية يجب أن تكون طبيعية وليس اصطناعية ناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة مثل (الطرقات، السكك الحديدية وخطوط المياه والغاز والنفط).

إن القسمة الخطية يمكن أن تكون متقطعة جزئياً ولكن يعبر عنها بشكل مستمر لمسافة لاتقل عن ميل.

أثناء تحليل وتفسير الصور الفضائية بهدف الدراسة التكتونية والبنيوية نعتمد بالدرجة الأولى على تفسير شبكة المظاهر الخطية الأرضية ووضع مخطط لها ويمكن التحقق من هذه المظاهر أو القسمات الخطية إن كانت فوالق وشقوق محلية أو إقليمية باستخدام المشاهدات الحقلية والدراسات الجيوفيزيائية لإثبات صحة هذه القسمات والمظاهر.

ب-**البنيات الحلقية:** يظهر أثناء تحليل وتفسير الصور الفضائية بنيات على شكل حلقات منفصلة أو متصلة الحدود الخارجية وأقواس وبنيات أهليليجية وبيضوية نطلق على هذه المظاهر اسم البنيات الحلقية. تم تصنيف هذه البنيات حسب حجمها ومقياسها وحسب أشكال ظهورها في الطبوغرافيا.

تصنيف البنيات الحلقية حسب الحجم والشكل:

- بنيات حلقية ضخمة يترواح قطرها من 50- 120 كم.
- بنيات حلقية متوسطة يترواح قطره من 10- 50 كم.
- بنيات حلقية صغيرة يترواح قطرها أصغر من 10 كم.

تصنيف البنيات الحلقية حسب أشكال ظهورها في الطبوغرافيا:

- بنيات حلقية قببية الشكل (إيجابية).
- ببنيات حلقية على شكل منخفضات (سلبية).
- بنيات حلقية مشتركة (جزء يظهر بشكل قببي والجزء الآخر على شكل منخفض).

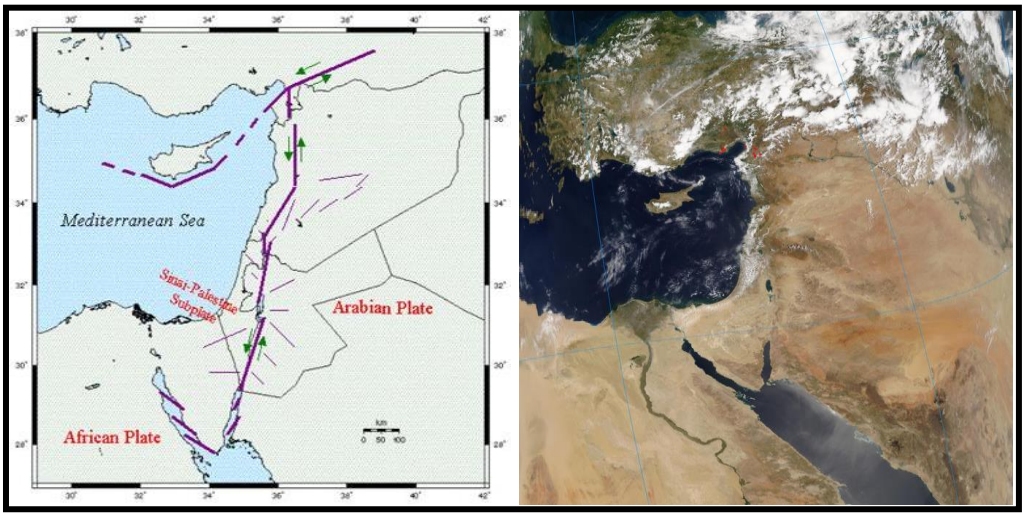
تصنيف البنيات الحلقية حسب منشأها:

- بنيات حلقية مرتبطة بالصخور النارية (البازلتية).
- بنيات حلقية مرتبطة بالصخور الاستحالية (المعقدات الأوفيوليتية).
- بنيات حلقية مرتبطة بالصخور الرسوبية (ترتبط بشبكات التصريف المائية وهذا هام جداً في الكشف عن المكامن المفيدة).
- بنيات حلقية مرتبطة بالصخور الملحية (يمكن كشف الكثير من القبب الملحية).

التأكد من صحة هذه البنيات الحلقية يحتاج إلى مشاهدات حقلية ودراسات جيوفيزيائية وهذه البنيات هامة في الكشف عن الثروات المعدنية واللامعدنية وكشف الحقول النفطية والأحواض المائية.

ج- دراسة الصفائح التكتونية:

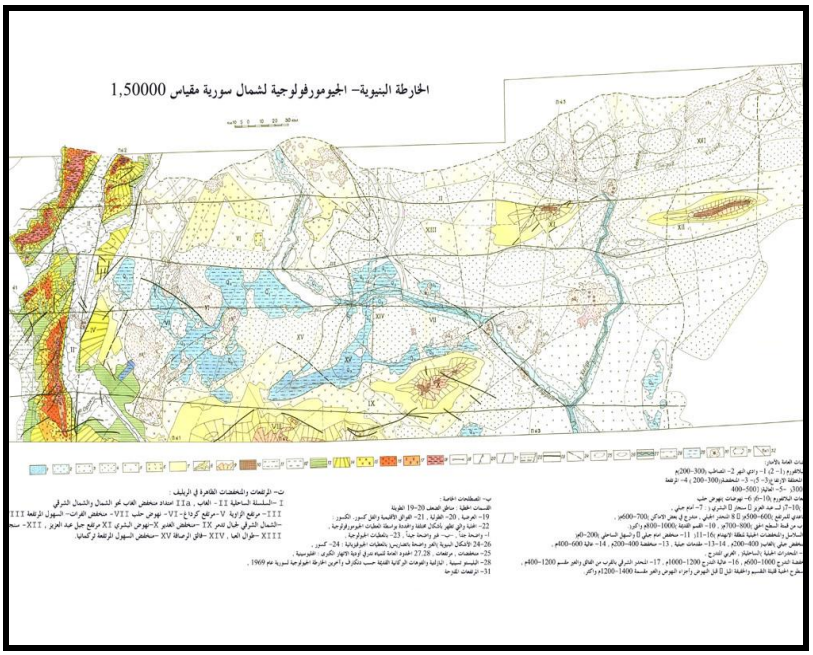
تتم دراسة الصفائح التكتونية بتقنيات الاستشعار عن بعد وتعتبر هذه التقنيات ناجحة في هذا المجال، حيث يمكن تحديد نطاقات التماس بين الصفائح التكتونية وكشفها بدقة بالإضافة إلى تحديد الفوالق الإقليمية الضخمة المرافقة لهذه الصفائح وتحديد المناطق الخطرة زلزالياً وذلك عن طريق تحديد الازاحات الأفقية والشاقولية الحاصلة ضمن هذه الصفائح. ومثال ذلك الانهدام العربي الذي يفصل بين الصفيحة العربية والأفريقية عبر البحر الأحمر والبحر الميت وبحيرة طبريا وسهل البقاع ومرتفع مصياف ومنخفض الغاب حتى شمال سوريا، الشكل (8-5).



الشكل (8-5) نطاق تكتوني ضخم يفصل بين الصفائح التكتونية

د- دراسة التكتونية الحديثة:

تعتبر دراسة التكتونية الحديثة لأي منطقة من الدراسات الهامة والاستراتيجية وذلك لتحديد المخاطر الزلزالية التي تتعرض لها القشرة الأرضية بشكل مستمر. تلعب الصور الفضائية دوراً في تحديد الانزياحات والحركات التكتونية الحاصلة في مرحلة التطور التكتوني الحديث للقشرة الأرضية ،كما تلعب دوراً في تحديد الفوالق والشقوق والنطاقات التكتونية النشيطة في الوقت الحالي ودورها في كشف وتحديد العديد من الثروات الطبيعية ونقاط تقاطع الفوالق المهمة في توجيه العمليات التنقيبية، الشكل (8-6) .



الشكل (8-6) مظاهر التكتونيك الحديث

4- في مجال الدراسات التنقيبية النفطية والغازية:

لقد اعتمدت الأعمال الأولية للتنقيب عن النفط والغاز على الطرق التقليدية وهي المسوحات الإقليمية والاستطلاعية الواسعة، وعلى الطرق الجيوفيزيائية الاهتزازية، والتي كانت تستغرق زمناً طويلاً وتكلفة مالية باهظة، وقبل توفر المعلومات المستقاة من تحليل وتفسير الصور الفضائية التي تم الحصول عليها باستخدام كافة تقنيات التصوير الفضائي، استخدم الباحثون عن النفط والغاز الصور الجوية لتحقيق هذه الغاية غير أن الصور الجوية لم تكن متوفرة في أي بلد من بلدان العالم نظراً لوجود بعض العوامل نذكر منها:

1. بعض الصعوبات لإجراء مسح جوي تصويري في بعض البلدان منها (عدم توفر التقنيات اللازمة لإجراء مثل هذا النوع من المسوحات).
2. التكاليف المالية الباهظة للمسح الجوي التصويري.
3. طول الفترة الزمنية لإنجاز المسوحات التي تغطي مساحات كبيرة من الأرض.

بالإضافة إلى هذه الصعوبات والمعوقات فإن الشركات المنقبة عن النفط وجدت أيضاً صعوبات جمة في معالجة وتفسير معلومات الصور الجوية واستخدامها في برامج الاستطلاع والتنقيب، حيث أنه يلزم عشرات الآلاف من الصور الجوية لتغطية الرقعات الأرضية التي تجري ضمنها أعمال التنقيب عن النفط والغاز الذي يستغرق أشهراً عدة.

إن نفس المنطقة الإقليمية التي تجري ضمنها أعمال التنقيب يمكن تغطيتها بعدد قليل من الصور الفضائية والتي يستغرق تفسيرها وتحليلها فترة زمنية قصيرة قد لا تتجاوز الأسابيع، حيث أن الصورة الفضائية من نوع MSS (متعدد الأطياف) مثلاً تغطي مساحة من الأرض قدرها 34000 كم، بمقياس مليون/1 وهذا ما يعادل 1600 صورة جوية بمقياس 1/20.000 لتغطية نفس المنطقة. ومن تفسير الصور الفضائية يمكن تحديد الأحواض الرسوبية والاتجاهات البنيوية الإقليمية والبنيات التكتونية المحلية وكذلك تقديم المعلومات القيمة حول الوضعية الطبوغرافية والباليوجغرافية باستخدام التقنيات التي تتطور مع مرور الزمن بشكل سريع.

وبعد الانتهاء من دراسة وتفسير وتحليل الصور الفضائية التي حددت من خلالها المناطق المأمولة نفطياً وغازياً فإن الخطوات المتبعة عادة لدى العديد من شركات التنقيب عن النفط والغاز للحصول على دراسات أكثر تفصيلاً حول المناطق المأمولة تتلخص كما يلي:

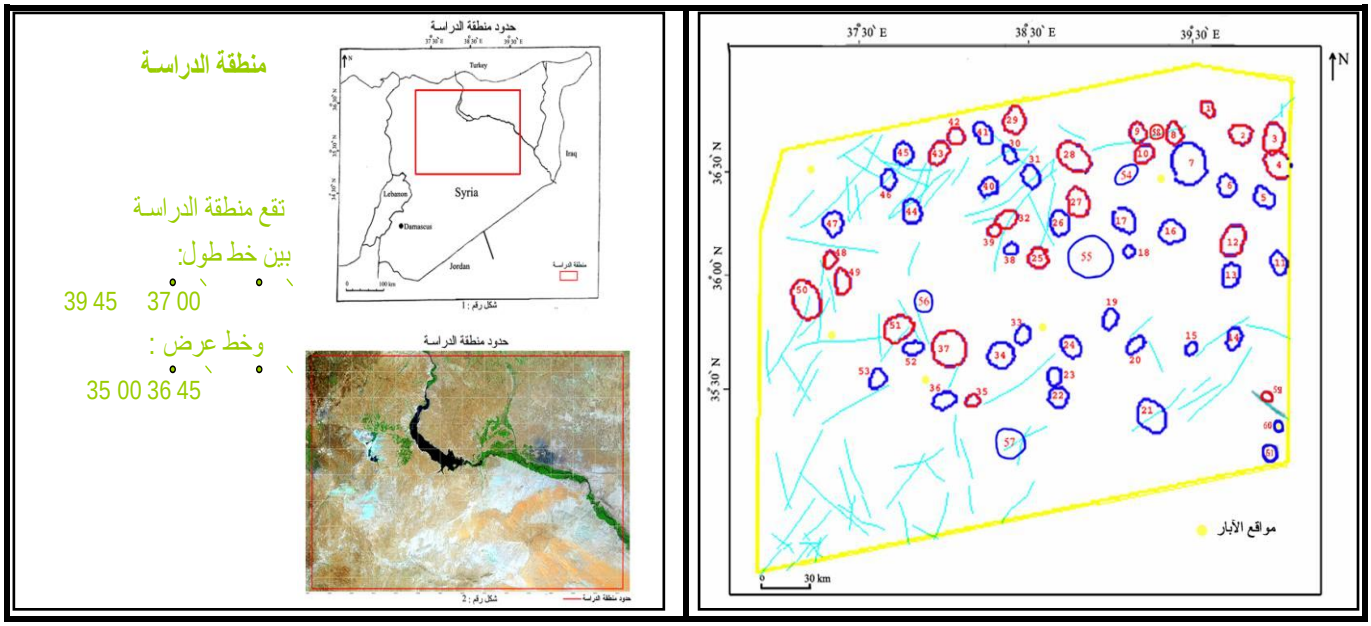
1. مقارنة نتائج تحليل الصور الفضائية مع الخرائط الجيولوجية والبنيوية والمورفولوجية المتوفرة عن المنطقة المدروسة والإطلاع على الدراسات والنشرات السابقة والمتعلقة بالمناطق المأمولة.
2. دراسة الصور الرادارية والجوية لأكبر مقياس ممكن للحصول على معلومات تفصيلية لكل منطقة أمل على حدة.
3. توجيه فرق حقلية للتنقيب في مناطق الأمل المحددة ودراستها عن كثب وعلى الطبيعة مباشرة ويتضمن ذلك إجراء مسوحات محلية بمقاييس كبيرة للحصول على معلومات أكثر تفصيلاً، مع إجراء دراسات مخبرية حقلية (صخور، مستحاثات).

4. تنفيذ مسح جيوفيزيائي مغناطيسي، حيث تساعد معلومات الصور الفضائية في توجيه خطوط الطيران في الاتجاه الأمثل لتقييم وتحديد الاتجاهات التكتونية الإقليمية.

5. يتم بعد ذلك مقارنة نتائج الدراسات التي نفذت، حيث يتم حصر مناطق الأمل من الدرجة الأولى والثانية ويمكن إجراء مسوحات ثقلية (جاذبية) جوية إذا لزم الأمر بعد الانتهاء من تفسير الخرائط المغناطيسية.

6. إجراء مسح جيوفيزيائي اهتزازي (سيسمي) في مناطق الأمل من الدرجة الأولى ويتم ذلك بعد تدقيق كافة المعلومات السابقة بشكل متكامل، حيث أن أعمال هذا المسح باهظة التكاليف.

إن تحديد القسمات الخطية والبنيات الحلقية تحدد المعالم التي تمثل مؤشرات مباشرة أو غير مباشرة على سطح الأرض لبنيات سطحية أو تحت سطحية والتي من الممكن أن تلعب دور هام في التنقيب عن النفط والغاز، الشكل (8-7).

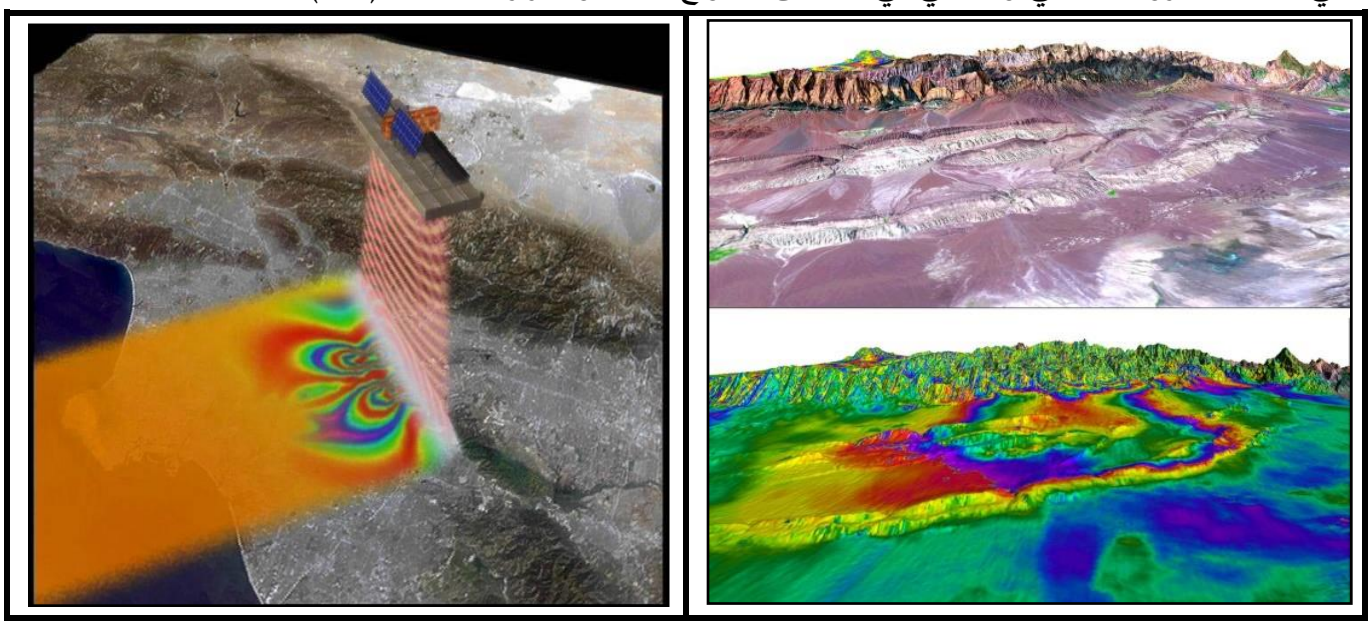


الشكل (8-7) البنيات والقسمات الخطية نتيجة تحليل وتفسير الصورة الفضائية

5- في مجال الدراسات الجيوديناميكية والزلزالية:

إن تفسير الصور الفضائية يقودنا إلى تحديد نطاقات الفوالق النشطة بل وأكثر من هذا تساعد في قياس انزياح الكتل القارية وتباعدها عن بعضها البعض بدقة متناهية وأي تشوه يحصل في سطح القشرة الأرضية يمكن رصده

باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وبالتالي فإن هذه التقنيات تقدم دلائل جيدة عن مواقع حدوث الهزات الأرضية وتفسح المجال لمزيد من الدراسات والأبحاث لمعرفة شدة وموعد حدوث الهزات الأرضية. وتستخدم الصور الفضائية في الوقت الحالي بشكل واسع في محاولة الكشف عن أماكن حدوث الزلازل وذلك اعتماداً على التغيرات في الحقل الكهرومغناطيسي والجاذبي في المناطق المتوقع فيه حدوث زلزال، الشكل (8-8).



الشكل (8-8) الزيغان اللوني على الصورة الفضائية في مناطق التغيرات في الحقل الكهرومغناطيسي والجاذبي

6- في مجال التنقيب عن الثروات المعدنية:

يعتمد استخدام الصور الفضائية في الوقت الحالي بهدف البحث والتنقيب عن المواد المفيدة على إمكانية إظهار وتحديد البنيات التكتونية على الصور الفضائية أو تحديد الأجسام الجيولوجية المتحكمة بطبيعة توزع وانتشار أماكن التمعدنات. فعلى سبيل المثال من المعروف أنه على أساس التحليل والمعاملة الإحصائية لكافة المعلومات المرجعية ، أن حوالي 50% من أماكن التوضعات المعدنية تقع على نقاط تقاطع الفوالق والشقوق الضخمة والنسبة العظمى من هذه التمعدنات مرتبط مع التشكيلات المغماتية، وفي السنوات القليلة الماضية تم إثبات ارتباط تمعدنات خاصة مع البنيات الحلقية الضخمة. كل هذه المعلومات الجيولوجية تلعب دوراً في تحديد

وانتشار قسم كبير من المواد المفيدة الموجودة في القشرة الأرضية. وهي تُشاهد وتُفسر بشكل جيد على الصور الفضائية وعلى أساس كل هذه المعايير والدلائل يمكن أن نحصل على معلومات كافية لتحديد وتوجيه أماكن التنقيب عن المواد المفيدة، الشكل (8-9).

يُعتمد على معطيات الصور الفضائية للتنقيب عن الثروات المعدنية في مايلي:

- تحديد البنيات غير الظاهرة أو غير الواضحة والتي لها أهمية كبيرة في وضع الخرائط المعدنية.
- تحديد القسمات الخطية ونطاقات التصدع والتخلع العميقة المنشأ الموزِّعة والمجمِّعة للتوضعات المعدنية.
- دراسة مراكز النشاط التكتوني النشط والذي قد يترافق مع مواد معدنية.
- كما تلاحظ هذه التمعدنات في نطاقات تقاطع هذه القسمات الخطية والصدوع ذات الاتجاهات المختلفة ومن خلال تحديد بنيات تحت سطحية تنعكس على الصور الفضائية تم تحديد بعض المكامن في العالم (مكامن للزئبق في جنوب الاتحاد السوفييتي ومكامن للذهب في كازاخستان ومكامن للنحاس والماغنينت والبوكسيت في مناطق من العالم).
- تتواجد الخامات المعدنية في:

- الأطراف الخارجية للبنيات الحقلية.

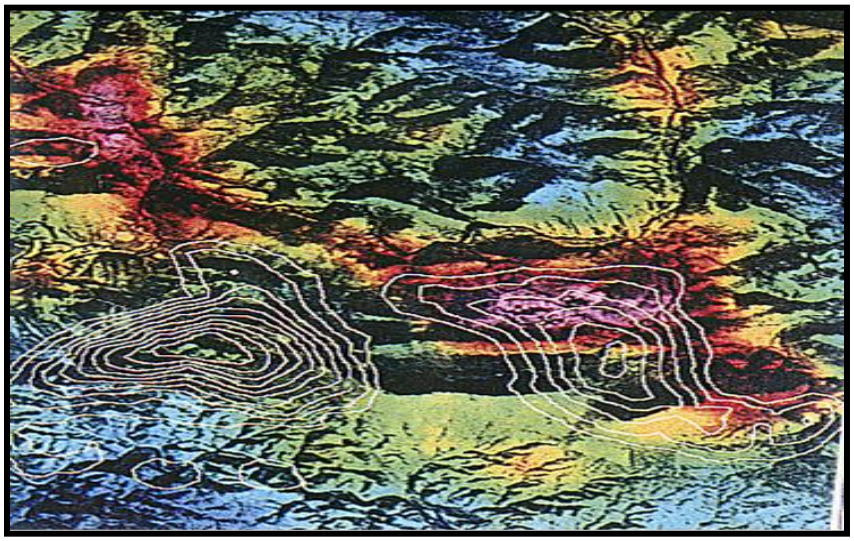
- خارج حدود البنيات وبالقرب منها وذلك عند إحاطتها بأحزمة الطي.

- في نقاط تقاطع البنيات الحلقية مع الفوالق أو القسمات الخطية المختلفة الدرجة والمقاييس.

- في أطراف الأجسام الاندفاعية التي تظهر على الصور الفضائية بشكل بنيات حلقية.

- في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف وذات المناخ الرطب والتي تتواجد تحتها توضعات معدنية (النحاس) وحيث أن تركيب التربة يعكس تركيب الصخور تحت السطحية التي نتجت عنها هذه التربة مما يؤدي إلى زيادة في نسبة عنصر النحاس في أنسجة النباتات التي تنمو فوقها أكثر من تلك التي لا يوجد تحتها نحاس وهذا يؤدي إلى تغيرات في شدة الانعكاس الطيفي مما يظهر في الصور الفضائية متعددة الأطياف وباستخدام تقنيات

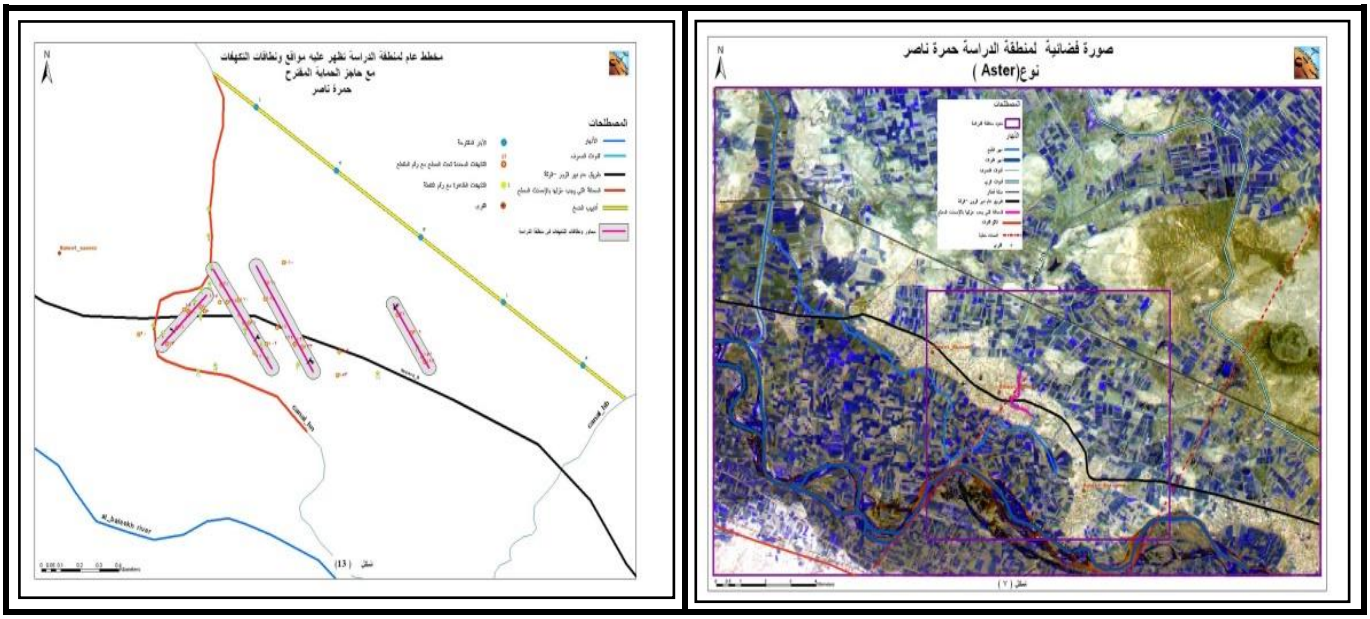
محدودة وقد اكتشفت بهذه الطريقة عدة مكامن للمعادن في العالم (المناطق الشرقية من الولايات المتحدة) ذات الكثافة النباتية العالية وذلك من خلال تحليل ومعالجة الصور الفضائية ووضع خرائط الشواذات الطيفية للغطاء النباتي.



الشكل (8-9) مناطق الشواذات المعدنية على الصورة الفضائية

7- في مجال الدراسات الجيوهندسية:

تعتبر حالياً الصور الفضائية قاعدة هامة في الدراسات الحديثة تستند إليها أعمال تخطيط المدن، وإنشاء معظم الطرق الرئيسية والسكك الحديدية والمطارات الجوية والقنوات المائية ومد الأنابيب وإقامة الشبكات الكهربائية والمنشآت الكهرومائية والكشف عن التكهفات وأماكن الانزلاقات والانهيارات، الشكل (8-10). ويلجأ المهندسون المختصون في هذه الأمور كثيراً إلى تقنيات (RS) عند اختيار مواقع تشييد هذه المنشآت. وأيضا يلجئون أثناء البحث عن متطلبات هذه المنشآت (المواد الأولية اللازمة للبناء) مثل الحجارة والرمال والحصى. ويلجئوا إلى تقنيات (RS) أيضاً عند مراقبة التغير والتطور في المدن والمناطق المأهولة من أجل حل مشاكل النمو والتزايد السكاني.



الشكل (8-10) التكهفات المكشفوفة بتحليل الصور الفضائية والنظم الرافدة

يمكن إجراء العديد من الدراسات الجيوهندسية التي يمكن القيام بها عن طريق استخدام معطيات الـ (RS) ونذكر منها :

أ- إقامة السدود والخزانات الكهرومائية:

إن توزع المنشآت الكهرومائية يرتبط بالسطح التضاريسي للأرض (الطبوغرافيا) وبكمية الهاطل المطري السنوي، وكما هو معروف توجد محطات توليد الطاقة الكهربائية في المناطق الجبلية، حيث يكون انحدار النهر أو المجاري المائية الرافدة شديداً والهطول المطري غزيراً، أما في المناطق ذات المناخ الجاف وعندما يكون انحدار النهر قليلاً يقل تواجد المنشآت الكهرومائية ويقتصر الأمر هنا على إنشاء السدود بغية حجز المياه خلفها من أجل الاستعمالات المختلفة. وهنا تلعب تقنيات (RS) دوراً مهماً في تحديد الموقع الأمثل لإقامة السدود والخزانات الكهرومائية، ويمكن استخدام صور جوية مختلفة المقياس وصور فضائية من نوع سبوت لأنها تحقق رؤيا مجسمة (ستريوسكوبية) من أجل تحديد المعالم الطبوغرافية للمنطقة وتتمتع بقدرة تمييز أرضية عالية تصل إلى 20 م أو أقل أو صور التابع الصنعي كويك بيرد ذات قدرة التمييز الأرضية العالية والتي تصل إلى 2 م وأقل من ذلك.

ب- اختيار مواقع الطرقات الرئيسية:

إن استخدام الصور الفضائية والجوية لاختيار مواقع جديدة للطرقات العامة والأوتوسترادات والشوارع الرئيسية يمكن أن يتضمن ثلاثة مراحل متميزة وهي:

1. المسح الاستطلاعي والاستكشافي الإقليمي.
2. دراسات ما قبل الإنشاء واختيار الموقع.
3. دراسة مفصلة للموقع الذي تم اختياره.

وجدير بالذكر بأن كل مرحلة من هذه المراحل تعزز الموقع المختار أكثر من المرحلة التي تسبقها. وتعتبر المهمة الأساسية في اختيار الموقع المناسب هي تكييف مسار الطريق وملائمته مع المعالم الأرضية للمنطقة، بشكل تكون فيه عمليات الإنشاء والتنفيذ أكثر اقتصادية.

تلعب المعالم الجغرافية الطبيعية- الفيزيوغرافية- دوراً في تحديد الموقع الجديد وتكاليف إنشاؤه وهي:

1. انحدار الأراضي وعدم انتظامها.
2. نوع التربة وسماكتها ورطوبتها.
3. خصائص الشبكة المائية السائدة في المنطقة.
4. المعالم الطبيعية المعرقلة للعمل، كالممرات الجبلية، وتحديد مواقع الجسور والأنفاق.
5. مواقع توافر المواد الأولية اللازمة لتنفيذ هذه المشاريع.

وفي هذا المجال تلعب الصور الفضائية و الجوية ذات المقاييس الكبيرة دوراً في تحديد كثير من هذه المظاهر وخاصةً الطبوغرافية حيث يمكن استخدام صور جوية وفضائية بمقياس مختلفة وخاصةً أثناء الدراسات الاستطلاعية للمشروع.

يوجد العديد من تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات الجيولوجية المختلفة لم نأتي على ذكرها لضيق الوقت ويمكن للطالب الرجوع للمراجع المتعددة في هذا المجال إذا أراد المزيد.

9

نظام المعلومات الجغرافي GIS

Geographic Information System

تعد الخرائط والمخططات الأداة والوسيلة الأساسية الفعالة والهامة في إيصال وشرح أفكار متعددة وإظهار معالم المواقع الطبيعية وعلاقاتها المكانية، حيث تحوي هذه الخرائط معلومات جغرافية، منها للمعلومات الطبوغرافية والبيولوجية، أوالهيدرولوجية والديموغرافية، وذلك بطريقة تنسب فيها هذه المعلومات وفق مقياس معين إلى شبكة إحداثيات معينة أيضاً.

ولا يمكن تخطيط أي مشروع أو تنفيذه، وبأي مستوى مالم تتوفر حوله المعلومات الوصفية من نصوص مكتوبة وقيم ونتائج، وإحصائيات وجداول، إذ تشكل هذه المعلومات القاعدة النظرية والشروط المحلية المعطاة.

وللتوصل إلى القرار الصحيح لابد من الربط بين كلا نوعي المعلومات السابقين لحل المسألة القائمة، والتوصل إلى أفضل الحلول التي تأخذ بالحسبان جميع المعطيات، إذ يتوجب ربط الواقع الموجود على الأرض والممثل بالمخططات والخرائط، بالمعلومات الوصفية المتعلقة بكل مايوجد على هذه الأرض، وذلك لتشكيل نظرة شاملة تكون قادرة على الرؤية المتكاملة للواقع الموجود، واتخاذ القرار سواء في مجال التخطيط والدراسة أو التنفيذ لأي مشروع.

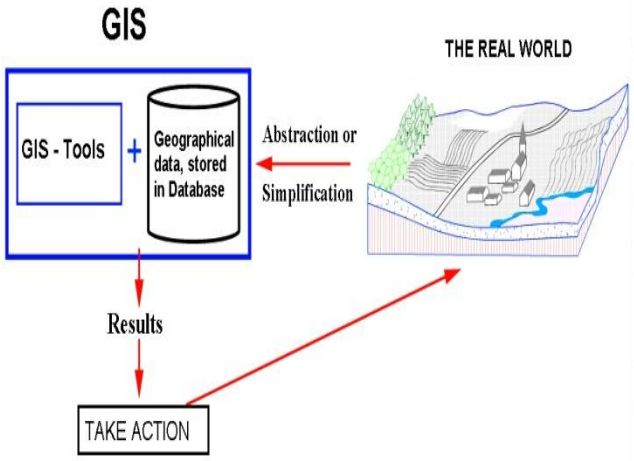
أي أن نظام المعلومات الجغرافي هو نظام يستخدم البيانات الجغرافية ويعالجها حتى نحصل في النهاية على نفس المعلومات ولكن أكثر فائدة ومرونة.

ويمكن تلخيص عمله على أنه نظام جمع وتعديل واظهار وتخزين المعاومات الجغرافية والوصفية.

ما هو نظام المعلومات الجغرافية :

نظام المعلومات الجغرافي: هو نظام معلومات يستخدم لإدخال وتخزين واسترجاع (أو استرداد) ومعالجة وتحليل وإخراج المعلومات المنسوبة جغرافياً أو البيانات المكانية بما يتيح لصناع القرار تخطيط وإدارة استعمالات الأراضي والمصادر الطبيعية والبيئة والمواصلات والنشاطات الحضرية .....

الحاجة الى نظم المعلومات الجغرافية



تطورت الحاجة الى نظم المعلومات الجغرافية فى المجالات والتخصصات المختلفة مثل التخطيط العمرانى وحماية البيئة استخدامات الأراضى وادارة المرافق وغيرها بسبب قدرتها على تنظيم وتحليل المعلومات الجغرافية حي تمتاز بالقدرات الأتية :

1. إمكانية الربط بين البيانات المكانية والوصفية.
2. القدرة على التعامل مع عدة طبقات من البيانات في وقت واحد.
3. القدرة التحليلية.
4. المساهمة في دعم اتخاذ القرارات .

مكونات نظم المعلومات الجغرافية

هو عملية تكامل بين خمسة عناصر أساسية هي:

1 – الأشخاص المستثمرون People (المستخدمون):

ولهم أهمية كبيرة في إدارة البيانات وتحليلها، وإعطاء نتائج دقيقة وصحيحة، ويتدرج مستخدمو نظم المعلومات الجغرافية من المتخصصين التقنيين الذين يصممون ويطورون النظام، الى هؤلاء الذين يستخدمونه فى أداء أعمالهم اليومية.

2 – البيانات Data:

يجب أن تكون البيانات المستخدمة صحيحة، وذات دقة عالية للحصول على نتائج صحيحة. وبدون البيانات لايمكن أن ننجز أعمالاً، حتى ولو توافرت بقية العناصر.

والبيانات هي أهم مكونات نظم المعلومات الجغرافية. فيتم تقسيم البيانات داخل نظم المعلومات الجغرافية إلى:

- **بيانات وصفية (Tabular Data):** وهي تشمل وبيانات الجداول والإحصاءات المختلفة عن عناصر طبيعية يمكن تمثيلها بالطبيعة.

- **بيانات مكانية (Spatial Data):** وهي تشمل البيانات الجغرافية التي تمثل الطبيعة ويمكن تجميعها من الصور الجوية، وصور الأقمار الصناعية، والخرائط الرقمية (Arial Photos, Satellite Images, Digital Maps)، إن البيانات الجغرافية وبيانات الجداول المتعلقة بها قد يمكن تجميعها ذاتياً أو شراءها من إحدى مصادر بيع البيانات.

3 – البرامج Software:

وتتضمن كافة الأنظمة (أنظمة تشغيل أو أنظمة جغرافية)، ويجب التأكد من أن هذه الأنظمة تعمل مع بعضها بشكل صحيح.

4 – الأجهزة Hardware:

عن طريق هذه الأجهزة يتم تشغيل النظام، وإعطاء النتائج إما على ورق، أو إعطاء نسخ رقمية للتداول بين المؤسسات، أو على خطوط الأنترنيت.

5 – الإجرائيات Methods (Procedures):

وهي عنصر هام حيث لابد من تحديد الإجرائيات التي نريد القيام بها من أجل الحصول على النتائج المطلوبة.

مكونات البيانات الجغرافية:

تتألف البيانات الجغرافية من العناصر التالية:

- الخصائص الهندسية (Geometry):

الطريقة الهندسية لتمثيل السمات الموجودة في الواقع. يمكن تمثيل السمات بنقاط أو خطوط أو مساحات. وهي الموقع الجغرافي للسمات على الطبيعة أو مايسمى بالإحداثيات.

- البيانات الوصفية (Attributes):

تقدم وصفاً للسمات الجغرافية، وهي المعلومات الوصفية للسمات الجغرافية، حيث أن لكل سمة جغرافية سجل خاص يحوي معلومات معينة عن هذه السمات.

- السلوك(GeoData Base) Behavior:

يعني السلوك أنه يمكن صنع السمات بحيث تتبع قواعد معينة عند تحريرها وعرضها وتحليلها أو عند وقوع أحداث معينة يحددها المستخدم.

تتمتع البيانات الجغرافية بسلوكية حيث أن السمة لها سلوكية معينة، ويتم تحديد هذه السلوكية في النظام الجغرافي عن طريق بعض الأدوات كـ:

- الطبولوجيا Topology:

هي عملية تحديد العلاقات المكانية بين السمات الجغرافية مثل: التجاور– الطول– الأتجاه– المساحة– التقاطع بين سمة وأخرى. كأن نقول البناء الفلاني بجوار الشارع الفلاني.

- تنظيم البيانات الجغرافية Geographic Data Organizing:

من الضروري جداً تنظيم البيانات الجغرافية بحيث تجمّع السمات الجغرافية التي تتمتع بمواصفات متشابهة في شريحة واحدة.

مثال:

شريحة صفوف الترب_ شريحة المسطحات المائية_ شريحة العقارات_ شريحة الطرقات.

***وظائف* GIS:**

مقدمة:

سمح ازدياد التقدم التقني وتسارعه وخاصة في مجال الحاسوب بتحويل المخططات والخرائط إلى أرقام بعملية رقمية (Digitizing) بحيث تخزن في الحاسوب مع إمكانات تحليلها ومعالجتها وعرضها.

وهناك أيضاً قواعد البيانات الملحقة التي تتسم بكونها تضم المعلومات الوصفية المتعلقة بالموقع وهنا تبرز أهمية الربط بين هذين النوعين من المعلومات في الحاسوب. وإن برامج Software الأساسية الرائدة في هذا المجال هي مايسمى نظام المعلومات الجغرافية (GIS). ويجمع هذا النظام بين كل قدرات العرض وتحليل المواقع وربطها

بالمعلومات المتعلقة بها، واستقراء المعلومات من المخطط الطبوغرافي والخارطة أو الوصول للموقع عن طريق المعلومات. وهو نظام حركي ديناميكي، إذ تكون المخططات والخرائط الناتجة عنه قابلة للتعديل مع التغيرات الجارية عبر الزمن. ويمكن تعريف النظام بأنه:

((أداة مثلى لإدخال البيانات بنوعيها، ثم تخزينها وتحليلها ومعالجتها، وإنتاجها بالشكل المطلوب أي إخراجها بمرونة كبيرة فهو نظام حاسوبي يحوي أجهزة Hardwar وبرامج Software تحلل المخططات والخرائط والبيانات وتربطها بعضها ببعض)) فالميزة الأساسية التي يزود بها (GIS) هي القدرة على الربط بين سمات المخطط أو الخارطة ومواصفاتها.

وهذا يشكل مصدر قوة في التخطيط ووضع القرارات وإتخاذها. كما يمكن عرض السمات إعتماداً على مواصفاتها، ويؤدي تغيير أي صفة في جدول المواصفات إلى تغيير آلي بالسمات على المخطط أو الخارطة، مثلا" يمكن بواسطة (GIS) تحديد أفضل أو أقصر مسلك يحقق معايير معينة، أو إتخاذ قرار صعب لأفضل موقع عندما تتقارب الخيارات، وذلك بعمليات التحليل الجغرافي والمطابقة المكانية، إذ يمكن معرفة مواصفات السمات المختارة بكل سهولة ، ويمكن إختيار السمات بالإشارة إليها على الشاشة ، أو برسم أشكال حولها (شكل يضم السمات المراد إختيارها)، وكحالة موازية لمعرفة السمات التي تحقق المواصفات المطلوبة، يمكننا ذلك بالإشارة إلى الأسطر في قاعدة البيانات أو بإدخال نص ما، كما يمكن الإستفسار عن السمات بالإعتماد على صفة مشتركة فيما بينها، أو إيجاد السمات التي تحقق أكثر من معيار واحد، وذلك عن طريق العبارات الرياضية المنطقية.

بعد عمليات الإختيار تأتي عمليات التحليل والمعالجة بصورة مستقلة عن بقية السمات الموجودة في المخطط والخارطة. فيمكن مثلاً التركيز (Zoom) لرؤية السمات المختارة مكبرة، أو لإنجاز بعض العمليات الإحصائية أو مقارنة المواصفات.

وتتلخص عمليات الـ GIS بالبنود التالية:

الحصول على البيانات– تخزين البيانات– الأستفسار عن البيانات– عمليات التحليل– الإظهار– الإخراج .

أولاً: الحصول على البيانات (جمع البيانات) Capturing Data:

يمكن الحصول على المعلومات أو البيانات بعدة طرق وهي:

1– الخرائط الورقية: حيث يتم إجراء مسح لها وإعادة إدخالها بشكل رقمي عن طريق عملية الرقمنة البيانية (Digitizing).

2– الإحداثيات: أي عن طريق إحداثيات نقطة (X,Y) والتي يمكن من خلالها إنشاء شريحة نقطية هي عبارة عن الإحداثيات التي تم إستخدامها.

3 – البيانات الرقمية (Digital Data):

أي عن طريق البيانات الرقمية الموجودة مسبقاً مثل ملفات من (Auto CAD) أو برنامج (Arc View) أو ملفات من برنامج جغرافي آخر، أو من نفس البرنامج عن طريق المؤسسات الأخرى، أو عن طريق الأنترنيت.

4 – الحصول على البيانات بواسطة جهاز GPS: وهو جهاز يستخدم لتحديد أي موقع جغرافي

وتعبير (GPS) هي إختصار للكلمات التالية:Global Positioning System

5– بيانات الاستشعار عن بعد Remote Sensing Data وهي الصور الجوية والمرئيات الفضائية (Aerial Photographs, Satellite Images)

6– بيانات الدراسات الميدانية Field Studies.

7– الإحصاءات أو القوائم والجداول الإحصائية Statistics.

8–الأبحاث والدراسات السابقة Literature.

9– الإنترنت Internt.

ثانياً: تخزين البيانات Saving Data:

يمكنك أن تمثل البيانات الجغرافية بالصيغة الشعاعية (Vector) أو النقطية (Raster).

1. البيانات الشعاعية:

يمثل نموذج البيانات الشعاعي السمات الجغرافية بالطريقة نفسها المستخدمة في الخرائط- باستخدام النقطة والخط والمساحة. يستخدم نظام الإحداثيات الديكارتي (X,Y) في تمثيل الواقع.

2. البيانات النقطية:

بدلاً من تمثيل السمات باستخدام إحداثياتها الديكارتية، يعتمد نموذج البيانات النقطية على إسناد قيمة لونية لكل خلية من الخلايا التي تغطي موقع السمة. يعتبر النموذج الشعاعي مناسباً تماماً من أجل إجراء التحليلات المكانية ومن أجل تخزين البيانات التي تم جمعها بصيغة grid. يعتمد مقدار التفصيلات التي يمكن معاينتها على حجم الخلية المستخدمة لتمثيل السمات وهو الأمر الذي يجعل الصيغة الشعاعية غير مناسبة للتطبيقات التي يكون من الهام معرفة الحدود الدقيقة للسمات فيها كتطبيقات إدارة العقارات.

ثالثاً: الإستفسار عن البيانات (Query):

1 – يمكن إجراء الإستفسارات عن طريق زر (i) الموجود في شريط الأدوات، حيث نختار الزر ونقوم بالضغط في أي نقطة على الخريطة، فتظهر لنا المعلومة الوصفية المرتبطة بهذه النقطة وتسمية هذة العملية هو Identifing Specific Features

2 – طلب معلومات تحقق شرط معين:

Identifing Features Based On Condition

مثال: تعيين الدول التي يتجاوز عدد سكانها (30 مليون نسمة) وليست مطلة على البحر. أي طلب معلومات تحقق شرط معين .

رابعاً: عمليات التحليل Analysis:

من الضروري معرفة العلاقات بين السمات عند إستثمار GIS لتحليل هذه العلاقات، فيتم إنجاز تحاليل مكانية جغرافية وترجع كلمة مكانية إلى طريقة تنظيم المعلومات على المخطط أو الخارطة إعتماداً على المواقع النسبية على سطح الأرض. ومن عمليات التحليل التي يمكن تنفيذها من خلال هذا النظام:

1 – التحليل التقريبي: Proximity:

كأن نحدد العقارات التي تبعد عن طريق معين مسافة معينة (حرم الطريق) Buffer.

2 – المطابقة Overlay:

وهي أخذ عدة شرائح تمثل معلومات جغرافية مختلفة، ومطابقتها مع بعضها للتوصل إلى هدف معين.

3 – الشبكات Network:

وتستخدم لتحديد المسارات بين مناطق معينة حسب شروط معينة (موقع حادث– مشفى).

خامساً: الإظهار Display:

يتم إظهار المعلومات لإستخدامها في إظهار البيانات الجغرافية بثلاث طرق هي:

- خرائط Maps.
- تقارير Reports.
- مخططات بيانية Graphs.

سادساً: الإخراج Out Put :

نتيجة الأعمال المنفذة يتم إخراج المعلومات كما يلي:

- خريطة ورقية Paper Map.
- وضع الخارطة على شبكة الأنترنيت Internet.
- عن طريق صورة Image.
- صورة متضمنة بملف آخر مثل Word.

10

نظام التموضع العالمي GPS

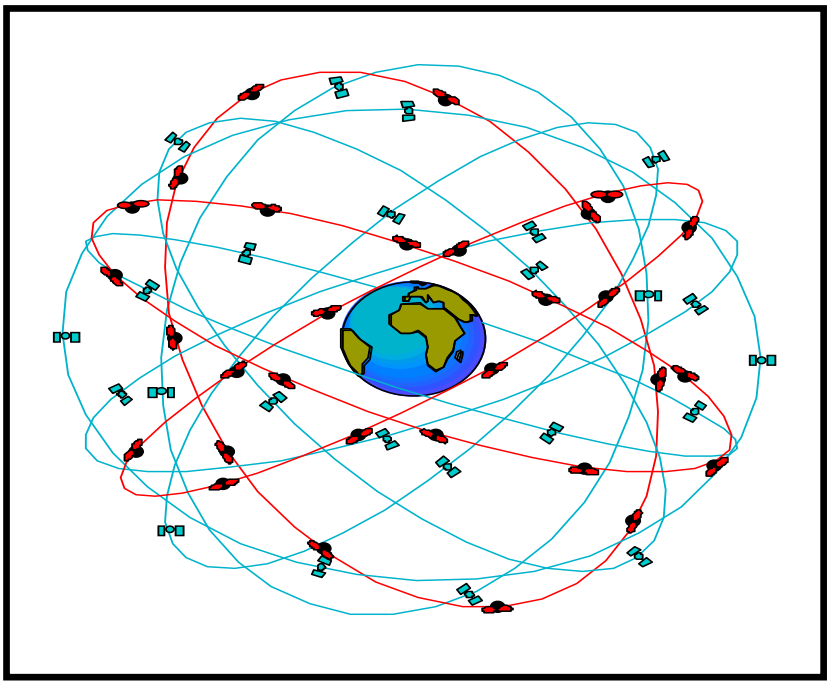
Global Positioning System

نظام التموضع العالمي GPS:

نظام التوقيع العالمي (Global Positioning System) ويرمز له (GPS) هو نظام ملاحة عبر الأقمار الصناعية يقوم بتوفير معلومات عن الموقع والوقت في جميع الأحوال الجوية في أي مكان على أو بالقرب من الأرض حيث هناك خط بصر غير معاق لأربعة أو أكثر من أقمار الـ GPS. يوفر النظام قدرات مهمة للمستخدمين العسكريين والمدنيين والتجاريين في جميع أنحاء العالم. أنشأت حكومة الولايات المتحدة النظام وهي التي تحافظ عليه وجعلت الوصول له مجاني لأي شخص لديه جهاز استقبال GPS.

بدأت الحكومة الأمريكية مشروع الـ GPS في 1973 م للتغلب على قيود نظام الملاحة السابق، حيث دمجت أفكار سابقة من ضمنها دراسات هندسية سرية من ستينات القرن الماضي. وزارة الدفاع الأمريكية هي التي طورت النظام، الذي استعمل في الأصل 24 قمراً صناعي. أصبح النظام يعمل بشكل كامل في 1995. وقد أدى التقدم في التكنولوجيا والمطالب جديدة على النظام القائم إلى تحديث نظام الـ GPS وتنفيذ الجيل القادم وهو الـ GPSIII.

إضافة إلى الـ GPS، هناك أنظمة أخرى تستخدم أو قيد التطوير. نظام الملاحة الروسي (غلوناس) أنشئ بالتزامن مع الـ GPS، لكنه عانى من تغطية ناقصة للكرة الأرضية حتى منتصف عقد الـ 2000. هناك أيضاً نظام غاليليو للتموضع التابع للاتحاد الأوربي (مكون من 30 قمر صناعي، 24 قمراً في الخدمة و3 احتياط) بدأ في تقديم خدماته في 2015 ومن المتوقع أن يكون يعمل بشكل كامل بحلول 2020.



التطبيقات:

نشأ النظام أساساً أثناء الحرب الباردة لأغراض عسكرية بحتة وذلك لتوفير نظام ملاحي للجيش الأمريكي وحلفائه لمساعدة الطائرات والقطع البحرية للوصول لأهدافها في مختلف الأحوال الجوية. وقد كانت الأجهزة الأولى أضخم مما يمكن لجندي المشاة حمله بالسهولة اللازمة وفيما بعد تم تطويع النظام للاستخدام في الأسلحة الموجهة.

في هذه الأثناء توسعت التطبيقات المدنية بشكل كبير حتى أصبح لاغنى عن النظام في الحياة اليومية للمدنيين حول العالم. ويصعب تخيل عمل أنظمة مثل بطاقات الائتمان وأنظمة الصراف الآلي وكثير من شبكات الاتصال بدون وجود نظام GPS. حيث يستخدم النظام في ضبط تزامن الأجزاء المختلفة من هذه الأنظمة مع بعضها. ومن الجدير بالذكر أن استخدام النظام لضبط التزامن أهم من استخداماته المكانية الأخرى على غير المتعارف عليه عادة. وهو السبب الأساسي الذي دعى الاتحاد الأوروبي للشروع في نظام غاليليو لتقليل الاعتماد على النظام الأمريكي العسكري. وهو ما رد عليه الأمريكيون بخطة تحديث النظام المشهورة سنة 1998.

يستخدم اليوم النظام في تطبيقات مدنية أخرى على سبيل المثال:

1. توجيه الطائرات المدنية والملاحة البحرية.
2. الاستخدام الشخصي كالرياضة والنزهة.
3. أنظمة ملاحة السيارات وإرشاد السائق إلى الهدف.
4. كما أن للنظام تطبيقات في ميدان الجيولوجيا والجيوديزيا وقياسات التصدعات الأرضية وحركة القارات.

دقة النظام:

وجد فوارق في دقة نظام تحديد المواقع العالمي حيث أن التطبيقات العسكرية أكثر دقة من GPS المدني الذي يمكن من الوصول إلى دقة بضعة أمتار (نحو 4 أمتار). حيث أن الولايات المتحدة الأمريكية كانت تقوم عمداً بالتشويش على إشارات GPS لمنع استعماله مدنياً والحد من جودتها في التطبيقات المدنية، إلا أنه يبدو أنها توقفت عن ذلك منذ سنة 2000 موجهة التركيز على التشويش على رقع جغرافية محدودة. وتبث الأقمار الصناعية الأمريكية بتدفق قدره 50 بت في الثانية على موجتين:

- الموجة للاستعمال المدني بذبذبة قدرها 1575,42 MHz (خاص للاستخدام التجاري).
- الموجة للاستعمال العسكري بذبذبة قدرها 1227,6 MHz (خاص بوزارة الدفاع الأمريكية البنتاغون).

شرح مبسط لطريقة عمل GPS:

تكون نظام تحديد الموقع من 24 قمر صناعي تحوم حول الأرض على ارتفاع 20200 كيلومتر. يقوم قمر صناعي ببث إشارة تحمل موقعه أي موقع القمر الصناعي كما تحمل توقيت أو لحظة بث الإشارة بدقة عالية مرجعها إلى ساعة ذرية بالغة الدقة. يقوم جهاز الاستقبال باستقبال الإشارات القادمة من القمر الصناعي، وعن طريق مقارنة توقيت وصول الإشارة وتوقيت بثها يمكن للجهاز معرفة زمن انتقال الإشارة وبالتالي حساب المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال، وباستقبال ثلاث إشارات من ثلاث أقمار مختلفة فإن

نقطة تقاطعهم تحدد موقع جهاز الاستقبال. وبزيادة عدد الأقمار المرصودة يمكن لجهاز الاستقبال تصحيح بعض الأخطاء المرتبطة بطريقة الحساب وبالتالي زيادة دقتها.

يتألف GPS من ثلاث شرائح وهي: شرائح الفضاء، والتحكم، والمستخدم. فشريحة الفضاء تتألف من 24 إلى 32 قمراً صناعياً في المدار الأرضي المتوسط، وهو يتضمن أيضاً القاذفات المطلوبة لإطلاق هذه الأقمار إلى مدارها. وتتألف شريحة التحكم من محطة تحكم رئيسية، ومحطة تحكم رئيسية بديلة، ومضيف للهوائيات الأرضية المهداة والمشتركة، بالإضافة إلى محطات رصد. أما شريحة المستخدم فتتألف من مئات الآلاف من المستخدمين التابعين للجيش الأمريكي وقوات الحلفاء والذين يتمتعون بالخدمة الآمنة "GPS التحديد الدقيق للمواقع"، وعشرات الملايين من المستخدمين المدنيين والتجاريين والعلماء الذين يستخدمون خدمة تحديد المواقع القياسي. تبث أقمار GPS الإشارات من الفضاء والتي تستخدمها أجهزة استقبال GPS لتوفر موقعاً ثلاثي الأبعاد (دائرة العرض، وخط الطول، والارتفاع) بالإضافة إلى الوقت الدقيق. لقد أصبح GPS يستخدم على نطاق واسع كأداة ملاحة عالمية مفيدة تستخدم موجات الراديو في رسم الخرائط، ومسح الأرض، والتجارة، والاستخدامات العلمية، والتتبع والمراقبة.

وأيضاً يستخدم المرجع الدقيق للوقت في الكثير من التطبيقات والتي تتضمن الدراسة العلمية للزلازل، وكمصدر مزامنة لبروتوكولات شبكات الهاتف الجوال. وقد أصبح GPS الدعامة الأساسية في أنظمة المواصلات حول العالم، داعماً ملاحة الطيران، والعمليات البرية والبحرية. تعتمد أيضاً خدمات إغاثة منكوبي الكوارث وخدمات الطوارئ على GPS للتفوق في عاملي التوقيت والتحديد الدقيق للموقع في مهامهم الإنقاذية. كما إن التحديد الدقيق للوقت الذي توفره خدمة GPS يسهل الأنشطة اليومية مثل: عمليات البنوك، وعمليات الهواتف النقالة، وحتى التحكم في شبكات الطاقة. يمارس المزارعون، والمساحون، والجيولوجيون، والمزيد ممن لا يمكن إحصاؤهم– أعمالهم بطريقة أكثر كفاءة، وأماناً، واقتصادية، ودقة باستخدام إشارات GPS المجانية والمفتوحة.

أساس عمل GPS:

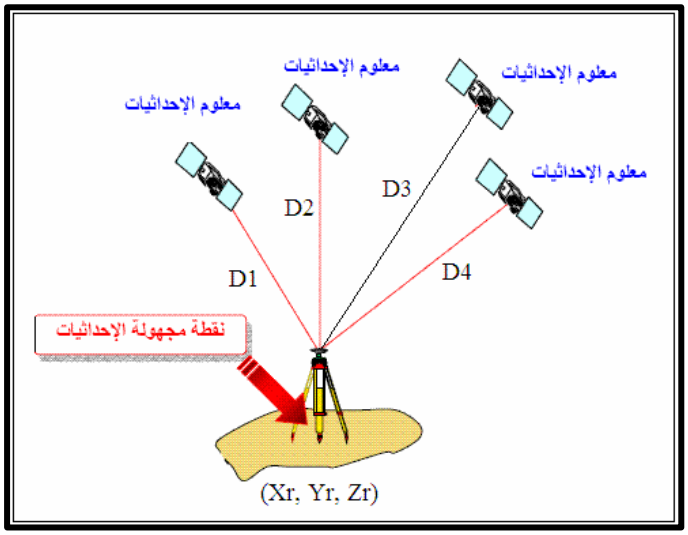
يحسب جهاز استقبال GPS موقعه عن طريق حساب توقيت الإشارات التي يتم إرسالها من أقمار GPS الموجودة على ارتفاعات نحو 20200 كيلومتر فوق سطح الأرض. يرسل كل قمر رسائل متتالية تضم التالي:

- وقت إرسال الرسالة.
- المعلومات المدارية الدقيقة ephemeris.
- السلامة العامة للنظام والمدارات العليلة لكل أقمار الجى پى.إس almanac.

يستخدم جهاز الاستقبال الرسائل التي يستقبلها في تحديد وقت انتقال كل رسالة من القمر الصناعي إلى الجهاز المستقبل على الأرض. ويحسب المسافات بينه وبين كل قمر صناعي. تستخدم هذه المسافات، مع مواقع الأقمار، ومع استخدام حساب المثلثات لحساب موقع جهاز الإرسال: أستقبال. فيتم إظهار الموقع على الجهاز المستقبل–ربما ببيان خريطة متحركة، أو تعيين خطوط الطول ودوائر العرض، ويمكن إدراج معلومات عن الارتفاع عن سطح البحر.

تُظهر وحدات GPS عديدة المعلومات، معلومات مشتقة مثل: الاتجاه، والسرعة– محسوبة من خلال تغيرات الموقع.

ربما يبدو من الوجهة النظرية أن ثلاثة أقمار صناعية تكون كافية لتحديد أي موقع على الأرض، وهذا لأن الفراغ يتكون من ثلاثة أبعاد. ولكن أي خطأ ولو بسيط جداً يحدث في تقدير الساعات، عندما يتم ضرب الثلاثة أزمنة في سرعة الضوء العظيمة– وهى السرعة التي تنتشر بها إشارات القمر الصناعي– تسبب في خطأ كبيرً في تحديد الموقع. لهذا تستخدم أجهزة الاستقبال أربعة أقمار صناعية أو أكثر لتحدد موقع ووقت جهاز الاستقبال بدقة.



إن الوقت المحسوب بدقة شديدة تخفيه تطبيقات GPS التي تحدد الموقع فقط. ولكن هناك بعض تطبيقات GPS المتخصصة التي تستخدم لتعيين الوقت بدقة، مثل: "نقل الوقت"، وضبط توقيت إشارات المرور، ومزامنة محطات الهاتف النقال الرئيسية.

رغم الحاجة إلى أربعة أقمار صناعية للقيام بالعمل بشكل الطبيعي؛ يمكن استخدام عدداً أقل في حالات خاصة – فإذا كان أحد المتغيرات معلوماً بالفعل يمكن لجهاز الاستقبال تحديد موقعه باستخدام ثلاثة أقمار صناعية فقط (مثلاً: يمكن أن تكون السفينة أو الطائرة قد حددت ارتفاعها عن سطح البحر). تستخدم بعض أجهزة استقبال GPS أدلة أو افتراضات إضافية، (مثل: إعادة استخدام آخر ارتفاع تم الحصول عليه، والقياس بالحدس اعتماداً على قياس سابق، والملاحة بالقصور الذاتي، وإدراج معلومات حاسب المركبة) من أجل إعطاء حساب غير دقيق للموقع عندما يكون عدد الأقمار الصناعية المرئية أقل من أربعة أقمار.